Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

Санкт-Петербургский государственный университет

**Егорова Анна Анатольевна**

**Изменчивость состава вторичных низкомолекулярных метаболитов *Myriophyllum spicatum L*. в водоемах различных географических регионов**

Выпускная квалификационная работа бакалавра

по направлению подготовки 022000 «Экология и природопользование»

К ЗАЩИТЕ

Научный руководитель:  
Заведующий кафедрой биогеографии  
и охраны природы  
к.б.н. А.А. Егоров

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2017 г.

И.о. заведующего кафедры  
Экологической безопасности и   
устойчивого развития регионов  
к.т.н. Н.Г. Бобылев

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2017 г.

Санкт-Петербург

2017

**Оглавление**

[**Введение** 3](#_Toc483842880)

[**Глава 1. Литературный обзор** 5](#_Toc483842881)

[**Глава 2. Описание объектов исследования** 9](#_Toc483842882)

[2.1. Уруть колосистая (*Myriophyllum spicatum L*.) 9](#_Toc483842883)

[2.2. Краткая физико-географическая характеристика регионов 10](#_Toc483842884)

[**Глава 3. Материал и методы** 14](#_Toc483842885)

[**Глава 4. Результаты и обсуждения** 15](#_Toc483842886)

[4.1. Компонентный состав урути колосистой, произраставшей в оз. Макаркино (Астраханская область) 15](#_Toc483842887)

[4.2. Компонентный состав урути колосистой, произраставшей в ерике Казачьем, г. Астрахань 23](#_Toc483842888)

[4.3. Компонентный состав урути колосистой, произраставшей в Черном море, п. Сергеевка (Одесская область, Украина) 26](#_Toc483842889)

[4.4. Компонентный состав урути колосистой, произраставшей в Днестровском лимане Одесской области, Украина (станция отбора №1 и станция отбора №2) 32](#_Toc483842890)

[4.5. Компонентный состав урути колосистой, произраставшей в Щучьем заливе Ладожского озера 43](#_Toc483842891)

[4.6. Компонентный состав урути колосистой, произраставшей в озере Узкое (пробы 2015 и 2016 г.) 49](#_Toc483842892)

[4.7. Компонентный состав урути колосистой, произраставшей в озере Нарочь 62](#_Toc483842893)

[**Глава 5. Сравнительная характеристика метаболитного состава эфирного масла *M. spicatum* из водоемов различных географических регионов** 68](#_Toc483842894)

[**Заключение** 82](#_Toc483842895)

[**Список литературы** 83](#_Toc483842896)

# **Введение**

В настоящее время существует и проводится множество исследований о функционировании экосистем и внутренних взаимосвязях. Водные экосистемы и механизмы ее функционирования намного меньше изучены, чем экосистемы суши. Полное представление о процессах, протекающих внутри водоемов, невозможно без изучения его отдельных компонентов, поэтому важно понимать, что происходит при взаимодействии водной растительности с окружающей средой, в том числе другими растениями и организмами.

Известно, что растения в процессе своей жизнедеятельности выделяют во внешнюю среду ряд органических веществ. Для наземных растений, такие соединения известны под названием фитоцинды, а для водных чаще используется термин «вторичные метаболиты». Каждое из таких веществ имеет свое экологическое значение. Но самая важная роль заключается в том, что вещества принимают участие в формирования качества воды, от которого в свою очередь зависит качественный и количественный состав флоры и фауны водоема.

Расшифровка механизмов образования метаболитов растений, установление их химической природы и трансформации в водной среде в настоящее время представляет большой интерес для познания процессов самоочищения водоемов от патогенной микро - и микофлоры, получения природных антимикробных, фунгицидных и альгицидных препаратов путем управляемого биосинтеза с использованием водных макрофитов. Ряд работ (Курашов, Крылова, 2013а), показывает, что с помощью низкомолекулярных органических соединений (далее НОС) - метаболитов, выделяемых определенными видами макрофитов можно предотвращать, регулировать или подавлять, а также устранять процессы «цветения» воды.

Активность выделения НОС в окружающую среду водными растениями очень тесно связана со стадией развития растения, его физиологическим состоянием, местом произрастания, сезонными, водными и климатическими условиями. Без знаний компонентного состава НОС макрофитов (и других растений) и закономерностей его изменений под воздействием различных факторов нельзя назвать полными теорию функционирования водных экосистем. Поэтому важно изучать метаболитный состав водных растений для лучшего понимания работы механизмов внутри экосистем. Перспективы использования информации о НОС макрофитов крайне важны для развития современной гидробиологии, биохимической экологии и других областей науки, связанных с изучением и рациональным использованием разнотипных пресноводных систем и биоресурсов (Курашов и др., 2013б). Такую информацию также можно использовать как дополнительной источник информации о состоянии водоемов при мониторинговых исследованиях.

В данной работе будет изучен состав вторичных низкомолекулярных метаболитов *Myriophyllum spicatum* *L.* в водоемах различных географических регионов, а также будет проведен сравнительный анализ метаболитного состава эфирных масел данного растения.

Целью работы является определение НОС и их функциональной роли в растения в рассматриваемых водоемах.

Для достижения поставленной цели было необходимо решить следующие задачи:

1. Отобрать и подготовить для изучения образцы урути колосистой из различных местообитаний (Астраханская и Ленинградская область РФ, Одесская область Украины, Минская область Республики Беларусь);
2. Выделить эфирные масла, содержащие НОС, и провести их хромато-масс-спектрометрический анализ;
3. По полученным хромато-масс-спектрометрограммам идентифицировать НОС, входящие в состав эфирного масла урути колосистой;
4. Произвести сравнительный анализ качественных и количественных различий в составе НОС урути колосистой в водоемах различных географических регионов.

# **Глава 1. Литературный обзор**

В данной главе будет дана небольшая историческая справка об изучении низкомолекулярных органических соединений и процессов, в которых они участвуют, будут рассмотрены современные исследования по данной тематике.

Известно, что НОС – биологически активные вещества, выполняющие антибактериальные, фунгицидные функции и аллелопатические функции.

Под аллелопатией понимают биологическое явление, при котором отмечается ингибирующий или стимулирующий эффекты воздействия растения (или микроорганизма) на другие растения (включая микроорганизмы) посредством синтеза и выделения в окружающую среду специфических аллелохимических соединений, которые являются вторичными метаболитами, т.е. не нужны производящему их организму для целей роста, развития и размножения (Курашов, Крылова, 2013а).

Новейшую историю изучения НОС и ЛНОС, по-видимому, следует начать с открытия угнетающего действия летучих выделений растений на микроорганизмы Токиным Борисом Петровичем в ходе экспериментальных работ 1928-1930 гг. (Токин, Бараненкова, 1931). В дальнейшем Б.П.Токиным и его сотрудниками были проведены работы по изучению влияния паров эфирных масел растений на микроорганизмы, которые выявили мощное бактерицидное действие этих паров на кишечную палочку, стафилококки, стрептококки и брюшнотифозные бактерии. Итогом исследований стал ряд публикаций, в одной из которых в 1942 г. (Токин, 1942) и появился термин «фитонциды» (Курашов, Крылова, 2013а).

История исследований фитонцидов водных и прибрежных растений началась еще в 40-х годах XX века с работ Гуревича Файвы Абрамовича (1918-1992), ученика Б.П.Токина, т.е. фактически может быть зафиксирован приоритет российской науки в начале изучения водной аллелопатии и функциональной роли НОС в водных экосистемах. Эти исследования завершились защитой докторской диссертации Ф.А. Гуревича на тему: «Фитонциды водных и прибрежных растений, их роль в биоценозах» в 1973 году. Изучение данной темы было продолжено им и в дальнейшем. В частности, именно Ф.А.Гуревич показал, что фитонцидная активность водных растений тесным образом связана со стадией их развития, физиологическим состоянием, местом произрастания, сезонными, водными, климатическими и другими условиями. Им же показано, что фитонциды являются очень значимым фактором распределения гидробионтов в водоеме, в том числе и беспозвоночных, например, моллюсков, репродуктивная деятельность которых теснейшим образом связана с фитонцидными свойствами произрастающих в водоеме макрофитов (Курашов, Крылова, 2013а).

В дальнейшем направление водной биохимической экологии было продолжено в СССР в основном в трудах исследователей школы МГУ и Института гидробиологии АН УССР. Значимым результатом этих работ была публикация таких монографий, как «Введение в проблемы биохимической экологии: Биотехнология, сельское хозяйство, охрана среды» (Телитченко, Остроумов, 1990), «Экзометаболиты пресноводных водорослей» и «Биологически активные вещества водорослей и качество воды» (Сакевич, 1985), а также других работ этих школ. Еще в 1988 г Л. А.Сиренко и В. Н. Козицкая отмечали, что вопросы водной аллелопатии по праву относятся к числу наиболее интересных, сложных и малоисследованных проблем современной гидробиологии (Сиренко, Козицкая, 1988). За прошедшие более чем два десятилетия подобная оценка ситуации с исследованием аллелопатии в водных экосистемах продолжает оставаться актуальной и для мировой науки. Так, в вышедшей в 2013 году монографии «Cyanobacteria: Ecology, Toxicology and Management» (Crawford, 2013), рассмотрен тот факт, что аллелопатия в водных местообитаниях существенно менее изучена, чем это явление в наземных экосистемах среди высших растений, хотя она должна рассматриваться как важнейший регулирующий фактор динамики и состава фитопланктонных сообществ.

Аллелопатия в водных местах обитания рассматривается в работе «Исследование экзометаболитов альго-бактериальных сообществ в накопительной культуре». Эксперименты показали, что увеличение состава и концентрации метаболитов в культуральной среде микроэкосистемы после одного месяца культивирования сопровождается увеличением численности основных групп микроорганизмов наряду с изменениями в составе водорослей и цианобактерий. Также был обнаружен широкий спектр метаболитов водорослей, цианобактерий и их бактериальных спутников, которые отражали интенсивно протекающие между ними эколого-биохимические взаимодействия, в том числе и аллелопатические (Батаева и др., 2014).

К сожалению, прогресс в этой области в российской науке за последние годы весьма незначительный. Подобные исследования в отношении водных экосистем в России после распада СССР перестали получать должное внимание со стороны исследователей в основном по причине отсутствия необходимого аналитического и другого дорогостоящего оборудования, прежде всего хромато-масс-спектрометрических комплексов.

Между тем, в настоящее время в мире хромато-масс-спектрометрические исследования растений интенсивно развиваются. Наиболее высокими темпами идет развитие хромато-масс-спектрометрических исследований в отношении наземных растений, прежде всего имеющих пищевое, медицинское, фармакологическое значение и продуцентов эфирных масел. Подобных же работ в отношении водных растений в сотни раз меньше. Особенно мало работ по хромато-масс-спектрометрии ЛНОС у водных макрофитов. Хотя, перспективы использования информации о ЛНОС водных растений трудно переоценить для развития современной гидробиологии, биохимической экологии и других областей науки, связанных с изучением и рациональным использованием разнотипных пресноводных экосистем и биоресурсов (Курашов, Крылова, 2013а).

Исследования компонентного состава ЛНОС эфирного масла водных макрофитов, проведенные в России в последние годы Е.А.Курашовым и др., показали, что в состав ЛНОС макрофитов входит большое количество соединений, принадлежащих к различным классам. При этом содержание отдельных групп веществ меняется в зависимости от фазы вегетации, географического произрастания, а также в отдельных органах растений (Курашов, Крылова, 2013а). Данные закономерности можно увидеть в работе по определению компонентного состава и его изменений эфирного масла рдеста маленького *Potamogeton pusillus L.* Исследование показало, что качественное и количественное содержание летучих компонентов изменялось в зависимости от фазы развития растений. С увеличением возраста макрофита происходит постепенное накопление спиртов, альдегидов, кетонов и фенольных соединений. Основным компонентом эфирного масла в течение вегетации являлся маноол, содержание которого увеличивалось в ходе вегетации. Концентрация второго по содержанию компонента — биформена снижалась в ходе вегетации *P. Pusillus* (Курашов и др., 2013б).

Еще ряд работ рассматривает возможности применения НОС в практическом плане. К примеру, для подавления «цветения» водоемов (Курашов, Крылова, 2013а) и улучшения качества воды эвтрофных водоемов. Суть метода заключается в том, что массовое развитие видов (вида) цианобактерий (синезеленых водорослей), приводящее к «цветению» водоема, может быть предотвращено (или подавлено) внесением в водоем определенного вещества-метаболита (аллелохимического агента) (или их определенной комбинации) либо синтезированного аналога макрофитов или водорослей, которые ингибирует возбудителей «цветения» по принципу аллеопатического воздействия (Курашов и др., 2014).

В этой же статье упоминается о возможности использования аллелохемиков вместо гербицидов и альгицидов, что уменьшит использование последних. Исходя из этого, в настоящее время крайне актуальными становятся работы по обнаружению, идентификации, выделению и разделению, и синтезу природных аллелохемиков и их аналогов, которые могут быть использованы для управления развитием первичного автротрофного звена в водных экосистемах.

Понимание и учет роли и механизмов действия НОС позволят на новом уровне подойти к решению таких проблем, как: разработка теории функционирования водных экосистем; установление механизмов формирования сообществ гидробионтов; борьба с эвтрофированием, анализ сукцессий видов; индикация состояния водных экосистем; дистанционное определение продуктивности и контроль эвтрофирования; биоманипуляции и регулирование развития как отдельных видов, так и альгобактериальных сообществ; поиск и использование новых лекарственных средств и т.д. (Курашов, Крылова, 2013а).

# **Глава 2. Описание объектов исследования**

## **2.1. Уруть колосистая (Myriophyllum spicatum L.)**



Рис.1. Уруть колосистая (*Myriophyllum spicatum L.*) (URL 1).

Уруть (*Myriophyllum*) — многолетние подводное растение сем. сланоягодниковые, с поднимающимся на поверхность воды побегом. Длинные гибкие стебли покрыты перистыми, с очень тонкими долями листьями. Разветвленные стебли урути цепляются за весла и часто отрываются. У растения ползучее корневище, от него быстро отрастают новые лиственные побеги. Листья зеленые или буроватые (URL 2).

Уруть колосистая (*Myriophyllum spicatum* *L.*) наиболее широко распространена и наиболее обильна из пяти видов урути, встречающихся в СНГ. Растет в основном в стоячей воде. Ее можно встретить в озерах, тихих речных заводях, в старицах рек, где растут и рдесты. Может образовывать густые заросли на глубине до 2 м. Для нормального развития растения требуют много света. Заросли ее приурочены обычно к глубинам от 0,3 до 2 м, к илистым грунтам и к водам, богатым кальцием. При высоком содержании в воде кальция листья урути часто покрываются известковой корочкой. Уруть колосистая очень чувствительна к температуре воды и менее — к освещенности. Подводные луга из урути играют очень важную роль в жизни водоема. В ее зарослях отмечаются большие скопления мелких беспозвоночных животных, которые являются пищей для многих обитателей водоема. Сама же уруть служит кормом для растительноядных рыб и птиц (семена), а также субстратом для метания икры рыбами и убежищем для всего животного населения водоема, особенно для мальков рыб (URL 3).

## **2.2. Краткая физико-географическая характеристика регионов**

Сбор растительного материала для исследования проводился в нескольких местообитаниях: озеро Макаркино (биостанция «Дубравы» Астраханская область, Россия), Ерик Казачий (Астраханская область, Россия), Черное море п. Сергеевка (Одесская область, Украина), Днестровский лиман п. Сергеевка (Одесская область, Украина, 2 станции сбора), озеро Узкое (Ленинградская область вблизи Учебно-научной базы СПбГУ «Приладожская»), Щучий залив Ладожского озера (Ленинградская область), озеро Нарочь (Учебно-научный центр «Нарочанская биологическая станция» имени Г.Г. Винберга, Минская область Республики Беларусь) (рис.2).



Рис.2. Места отбора растений (Егорова А.А., 2017, QGIS).

Два отбора урути были произведены в Астраханской области (оз. Макаркино и ерик Казачий). Астраханская область расположена на юго-востоке Восточно-Европейской равнины в пределах Прикаспийской низменности, в умеренных широтах, в зоне пустынь и полупустынь. Область узкой полосой протянулась по обе стороны от Волго-Ахтубинской поймы на расстоянии более 400 км. Климат Астраханской области умеренный, резко континентальный – с высокими температурами летом, низкими – зимой, большими годовыми и летними суточными амплитудами температуры воздуха, малым количеством осадков и большой испаряемостью. Годовая сумма осадков колеблется от 180-200 мм на юге и до 280-290 мм на севере. Основное количество осадков (70-75%) выпадает в теплое время года (URL 4).

Биостанция «Дубравы» находится в 400 км от г. Астрахани и 80 км от г. Волгограда в с. Садовое Ахтубинского района Астраханской области вблизи границы с Волгоградской обл. на левом берегу р. Волги. Ее территория составляет 1,5 га. Станция организована в 1997 году и является структурным подразделением кафедры «Прикладная биология и микробиология» Института рыбного хозяйства, биологии и природопользования (URL 5). Образец был отобран в озере Макаркино, находящимся на территории станции.

Второе место отбора в Астраханской области – ерик Казачий (река, протекающая через г. Астрахань).

Растительный материал также отбирался в поселке Сергеевка Одесской области в Черном море и в Днестровском лимане (в протоке, впадающей в лиман, глубина -30-40 см; cт.2 – непосредственно в лимане, глубина - 1 м). Климат поселка Сергеевка умеренно континентальный и сравнительно сухой. Среднегодовая температура около +10 °C, среднегодовое количество осадков около 350 мм. Зима короткая и мягкая со средней температурой около 0 °C, снег и температуры ниже −10 °C наблюдаются редко; лето долгое и жаркое со средней температурой около 25 °C, нередки температуры выше 35 °C (URL 2).

Черное море является внутриконтинентальной морем Атлантического океана. На северо-востоке Керченским проливом соединяется с Азовским морем, на юго-западе проливом Босфор - с Мраморным морем. Основные физические параметры: протяженность с севера на юг - 624 км, с запада на восток - 1167 км, площадь акватории - 422 тыс. км2; глубины (средняя - 1271 м, максимальная - 2245 м) протяженность береговой линии - 4090 км, в пределах Украины - 1560 км. Берега Черного моря (в пределах Украины) от устья Дуная на западе до Керченского пролива на востоке - низменные. Береговая линия расчленена заливами и лиманами.

Черное море расположено во впадине. Опускания его дна продолжается и сейчас. Глубина Черного моря наибольшая у Южного берега Крыма - до 1000-2000 м (на расстоянии 7-29 км от берега). Северо-западная часть Черного моря мелководная. Глубины здесь не превышают 100-120 м (средняя менее 25 м). Соленость воды в северо-западной части Черного моря составляет 13-14 ‰.

Вода Черного моря (единственного из всех морей мира) с глубины 120-200 м насыщена сероводородом. Процентное содержание его увеличивается с глубиной. В пределах распространения сероводорода жизни почти нет. В связи с усилением неблагоприятных антропогенных факторов наблюдается тенденция к повышению слоя сероводорода, опасно для всего живого (URL 6).

Днестровский лиман – залив, расположенный в Одесской области, северо-западное побережье Черного моря, с которым водоем соединен узким проливом. Слово «лиман» означает «гавань», расположенная в устье реки, и Днестровский залив полностью это название оправдывает. Среди 26 крупнейших озер подобного типа в Украине Днестровский залив занимает 4-е место по своим размерам. Днестровский лиман тянется с юго-востока на северо-запад. Размеры его довольно внушительны: длина составляет 41 километр, ширина – от 4 до 12 километров. Средняя глубина лимана невелика – всего 1,2 метра, а самое большое расстояние от поверхности до дна составляет 2,7 метра. Площадь Днестровского лимана насчитывает 360 кв. км, а его объем – 540 млн куб. м (URL 7).

Также были отобраны пробы растительного материала в Щучьем заливе Ладожского озера и в озере Узкое. Располагаются объекты исследования в Ленинградской области в нескольких километрах от поселка городского типа Кузнечное.

Ладожское озеро относится к бассейну Балтийского моря Атлантического океана. Площадь озера без островов составляет от 17,9 тысяч км² (с островами 18,3 тысяч км²); объём водной массы — 838 км³. В Ладожское озеро впадают не менее 40 рек и крупных ручьёв, а вытекает одна — река Нева (URL 2).

Климат над Ладожским озером умеренный, переходный от умеренно-континентального к умеренно-морскому. Такой тип климата объясняется географическим положением и атмосферной циркуляцией характерной для Ленинградской области. Это обуславливается сравнительно небольшим количеством поступающего на земную поверхность и в атмосферу солнечного тепла. Из-за небольшого количества солнечного тепла влага испаряется медленно. За год бывает в среднем 62 солнечных дня. Поэтому на протяжении большей части года преобладают дни с облачной, пасмурной погодой, рассеянным освещением (URL 8).

Последней станцией отбора растительных проб было озеро Нарочь, которое входит в группу озер. Озера Нарочанской группы, расположенные на севере Беларуси, образовались во время таяния и отступления льдов последней ледниковой эпохи плейстоцена, которая закончилась приблизительно 12 000 лет тому назад.

Озеро лежит на северо-западе Беларуси, в Мядельском районе, в 18 километрах от районного поселения Минской области города Мяделя. В четырёх километрах от него расположен агрогородок Нарочь. А рядом с озером есть множество санаториев, сёл, туристических баз и крупный курортный посёлок с однотипным названием. Озеро Нарочь является сточным водоемом, вытекает из него одна река – Нарочь. Питается оно водами 17 втекающих ручьёв и другого озера, Мястро, с которым его соединяет короткий проток – река Скема.

Весной с таянием снегов, вода озера увеличивается в объёме на 2%. Она хорошо насыщена кислородом, чиста и прозрачна, поэтому характеризуется богатым органическим миром. В ней обитают 25 видов рыб, 10 видов земноводных, множество водоплавающих птиц. Нарочь, наряду со всей группой родственных по происхождению и местоположению Нарочанских, а также Болдуинских и Мядельских озёр входят в состав Национального парка «Нарочанский», где эти водоёмы играют главную роль.

Рядом с озером располагается курортный район. Курорт окружен Минской, Ошмянской и Свентянской возвышенностями. Благодаря этому в течении года под воздействием воздушных масс Атлантического океана и в сочетании с мягким бризом озера Нарочь климат носит черты умеренно - континентального. В тоже время обширные площади акваторий и болот, в сочетании окружающими ландшафтами (40% леса естественного состояния) создают благоприятные условия для формирования микроклиматических различий, особенно заметных на побережье озера Нарочь, и имеют большое эстетическое и рекреационное значение (URL 9).

# **Глава 3. Материал и методы**

В данном исследовании проводилось выделение НОС из урути колосистой, произраставшей в разных местообитаниях. Образцы были отобраны: озеро Макаркино 22 июля 2009, ерика Казачий 7 июля 2013, 2 образца из Днестровского лимана 22 июля 2013, Черное море п. Сергеевка 26 июля 2013, озеро Узкое 23 июля 2015 и 17 июля 2016, Щучий залив Ладожского озера 20 июля 2016 и озеро Нарочь 17 сентября 2016. Все растения, за исключением растения из озера Нарочь (конец вегетации), были собраны в период вегетации.

Далее собранные растения тщательно отмывались от обрастаний и сушились в лабораторных условиях при комнатной температуре и без доступа прямых солнечных лучей до воздушно-сухого состояния. Далее сухая масса растений была измельчена в блендере Waring BB-25ES до порошкообразного состояния. Эфирное масло было получено методом гидродистиляции с использованием аппарата Клевенджера. Полученный дистиллят экстрагировали гексаном и хранили в морозильной камере.

Состав НОС в эфирном масле урути колосистой выявляли в гексановых экстрактах на хромато-масс-спектрометрическом комплексе TRACE DSQ II (Thermo Electron Corporation) с квадрупольным масс-анализатором. Использовали колонку модели «TRACE TR-5MS GS Column, 15m, 0.25mmID, 0.25µ Film». Также работы проводились на комплексе TRACE ISQ (ThermoScientific) с квадропулным масс-анализатором с разделением на колонке Thermo TG-SQC 15 м ID 0.25 мм с фазой 0.25 мкм.

В качестве газа-носителя служил гелий. Масс-спектры регистрировали в режиме сканирования по полному диапазону масс (30 – 580 m/z) в программном режиме температур (35º - 3 мин, 2º/мин до 60º - 3 мин, 2º/мин до 80º - 3 мин, 4º/мин до 120º - 3 мин, 5º/мин до 150º - 3мин, 15º/мин до 240º - 10 мин) с последующей пошаговой обработкой хромато-масс-спектрограмм. Идентификацию выявленных НОС проводили с использованием библиотек масс-спектров «NIST-2005» и «Wiley». Для более точной идентификации применяли индексы Ковача, полученные с использованием стандартов алканов C7 – C30. Количественный анализ выполняли с использованием декафторбензафенона и бензафенона в качестве внутренних стандартов.

# **Глава 4. Результаты и обсуждения**

## **4.1. Компонентный состав урути колосистой, произраставшей в оз. Макаркино (Астраханская область)**

По результатам проведенного хромато-масс-спектрометрического анализа эфирного масла *Myriophyllum spicatum L*. (рис.3), произраставшего в озере Макаркино Астраханской области, было выявлено 100 НОС.

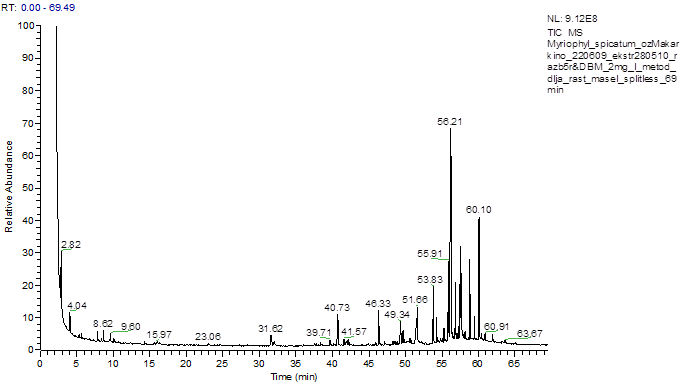


Рис.3. Общий вид масс-спектрограммы эфирного масла урути колосистой, оз. Макаркино.

Результаты анализа компонентного состава НОС эфирного масла *M. spicatum* из озера Макаркино показали наличие большого количества соединений, принадлежащих к различным классам (табл.1 и табл.2).

Выявлено более 15 мажорных веществ, имеющих относительное содержание в пробе более 1%: гексаналь, бензальдегид, 1-циклогексилэтанон, 2-пентилфуран, α – ионон, гептадекан, 4-нонилфитол, тетрадекановая кислота, 6,10,14-триметил-2-пентадеканон, диизобутил фталат, гексадекановая кислота, фитол, октадекановая кислота, трикозан, тетракозан, пентакозан, гептакозан.

Преобладающими классами в данном образце являются жирные кислоты, углеводороды, кетоны и альдегиды. Известно, что альдегиды и кетоны являются важными аллелохемиками (Arimura et al., 2009). В пробе были обнаружено такое соединение, как гексаналь (среди альдегидов – наибольшая концентрация в эфирном масле). Считается, что это соединение участвует в формировании механизмов защиты растения от внешних повреждений, включая защиту от растительноядных организмов. Другие альдегиды также принимают активное участие в защитных и регулирующих реакциях растений. К примеру, бензальдегид (RT=7.85) обладает антимикробной и противовирусной активностью (Курашов и др., 2014). Стоит отметить идентификацию в эфирном масле такого альдегида, как фурфурола (RT = 3.50). Его широко используют в химической и в химико-фармацевтической промышленности как исходное сырьё для синтеза различных соединений, в том числе и антимикробных препаратов группы нитрофуранов, таких как, например, фурацилин. Показано, что среди метаболитов наземных растений фурфурол – одно из основных химических соединений, ингибирующих развитие патогенных бактерий и грибов.

Третье место по отношению к цельному эфирному маслу имеет группа кетонов (13.83%). Известно, что α-ионон, обнаруженный в нашем образце, по-видимому, выполняет различные функции в водных и наземных растениях, в том числе защиту от ультрафиолетовой радиации и контроль развития окружающих организмов в ходе аллелопатических взаимодействий. Такое же поведение характерно еще для ряда некоторых кетонов. Защитные, отпугивающие и антибактериальные свойства описаны и для 2-гептанона (RT=5.28) и его производных (Курашов, Крылова, 2013а).

Таблица 1. Сравнительное содержание (% по отношению к цельному эфирному маслу) основных групп веществ в образце *M. spicatum* L.*,* оз. Макаркино.

|  |  |
| --- | --- |
| Спирты | 7.83 |
| Альдегиды | 9.94 |
| Полифункциональные соединения | 2.10 |
| Углеводороды | 22.39 |
| Кетоны | 13.83 |
| Ароматические углеводороды | 4.13 |
| Эфиры | 7.69 |
| Карбоновые (жирные) кислоты | 32.09 |

Немало важной группой являются эфиры. В данном образце их содержание 7.69% по отношению к цельному эфирному маслу. Наибольшую концентрацию из эфиров имеет дибутилфталат (RT=55.91, 3.10%). Фталаты используются в химической промышленности и чаще всего рассматриваются как загрязнители окружающей среды (Roy, 2006), но по имеющимся данным, они жеявляются одними из основных аллелохимических веществ у *Nymphaea lotus* L. и *C. demersum.* Так же некоторые наземные растения, базидиомицеты, актиномицеты способны синтезировать фталаты для выполнения, в основном, защитных функций. Это говорит о том, что эти соединения не должны рассматриваться как загрязнители окружающей среды (Курашов и др., 2013в).

Также к группе эфиров относится такое соединения как 2-пентилфуран. Есть работы, в которых показано, что2-пентилфуранначинает активно синтезироваться *O. sativa* в ответ на воздействие патогенных микроорганизмов. По этим данным был сделан вывод, что достаточно высокие концентрации данного вещества у *N. lutea* обеспечивают ее хорошую защищенность против микробиальных атак. Возможно, что функции 2-пентилфурана связаны с обеспечением механизмов роста растения. Так, было экспериментально установлено, что из всех ЛНОВ, выделяемых в среду ризобактерией *Bacillus megaterium* именно 2-пентилфуран усиливал и ускорял рост *Arabidopsis thaliana (L.) Heynh* (Курашов и др., 2013в).

Таблица 2. Компонентный состав эфирного масла из *M. spicatum*   
(22/06/2009, оз. Макаркино, Астраханская область)   
(RT – время удерживания, мин; RI – индекс удерживания;   
% – доля вещества в эфирном масле;   
Сср – концентрация вещества в сухом растении, мг/г)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Формула** | **RT** | **RI** | **%** | **Сср** |
| 1 | C6H12O | 2.58 | 795 | 0.30 | 0.0004 |
| 2 | C6H12O | 2.66 | 798 | 0.43 | 0.0005 |
| 3 | C6H12O | 2.82 | 804 | 3.25 | 0.0040 |
| 4 | C5H4O2 | 3.50 | 831 | 0.22 | 0.0003 |
| 5 | C9H14 | 3.76 | 842 | 0.03 | 0.0000 |
| 6 | C6H10O | 4.04 | 853 | 1.38 | 0.0017 |
| 7 | C8H10 | 4.42 | 868 | 0.06 | 0.0001 |
| 8 | C7H14O | 5.28 | 901 | 0.26 | 0.0003 |
| 9 | C7H12O | 5.56 | 908 | 0.14 | 0.0002 |
| 10 | C7H14O | 5.62 | 909 | 0.40 | 0.0005 |
| 11 | C8H10O | 6.30 | 925 | 0.12 | 0.0001 |
| 12 | C8H16O2 | 6.72 | 935 | 0.21 | 0.0003 |
| 13 | C10H20 | 7.24 | 947 | 0.06 | 0.0001 |
| 14 | C7H6O | 7.85 | 961 | 1.10 | 0.0014 |
| 15 | C8H14O | 8.62 | 979 | 1.19 | 0.0015 |
| 16 | C9H18O | 9.46 | 998 | 0.25 | 0.0003 |
| 17 | С9H14O | 9.60 | 1001 | 1.02 | 0.0013 |
| 18 | С9Н12О | 10.10 | 1010 | 0.49 | 0.0006 |
| 19 | С7H10O | 10.66 | 1020 | 0.11 | 0.0001 |
| 20 | C9H16O | 11.65 | 1037 | 0.07 | 0.0001 |
| 21 | C8H8O | 12.25 | 1047 | 0.13 | 0.0002 |
| 22 | C8H14O | 12.39 | 1050 | 0.22 | 0.0003 |
| 23 | C8H14O | 13.36 | 1066 | 0.21 | 0.0003 |
| 24 | C8H8O | 13.58 | 1070 | 0.24 | 0.0003 |
| 25 | C8H12O | 14.25 | 1082 | 0.48 | 0.0006 |
| 26 | С9H14O | 15.59 | 1104 | 0.49 | 0.0006 |
| 27 | C8H16O | 15.97 | 1109 | 0.54 | 0.0007 |
| 28 | C9H18O | 16.35 | 1114 | 0.34 | 0.0004 |
| 29 | C10H16O | 18.45 | 1141 | 0.21 | 0.0003 |
| 30 | С9H14O | 20.05 | 1162 | 0.35 | 0.0004 |
| 31 | С9H10O | 20.6 | 1170 | 0.35 | 0.0004 |
| 32 | C10H14O | 23.06 | 1198 | 0.46 | 0.0006 |
| 33 | C12H26 | 23.86 | 1200 | 0.04 | 0.0001 |
| 34 | C10H16O | 24.6 | 1223 | 0.20 | 0.0003 |
| 35 | C11H18O | 27.26 | 1258 | 0.13 | 0.0002 |
| 36 | C9H14O2 | 28.34 | 1273 | 0.13 | 0.0002 |
| 37 | C9H10O2 | 32.02 | 1325 | 0.90 | 0.0011 |
| 38 | C12H22O | 36.09 | 1387 | 0.22 | 0.0003 |
| 39 | C14H30 | 37.57 | 1400 | 0.27 | 0.0003 |
| 40 | C13H26O | 37.77 | 1420 | 0.22 | 0.0003 |
| 41 | C12H20O2 | 38.05 | 1427 | 0.07 | 0.0001 |
| 42 | C13H20O | 38.39 | 1435 | 0.30 | 0.0004 |
| 43 | C13H18O | 38.55 | 1439 | 0.19 | 0.0002 |
| 44 | C13H20O2 | 38.67 | 1442 | 0.07 | 0.0001 |
| 45 | C12H22O | 39.71 | 1467 | 0.54 | 0.0007 |
| 46 | C15H28 | 40.19 | 1478 | 0.27 | 0.0003 |
| 47 | C15H24O2 | 40.41 | 1484 | 0.17 | 0.0002 |
| 48 | C13H20O | 40.73 | 1492 | 2.48 | 0.0031 |
| 49 | C15H32 | 41.57 | 1500 | 0.44 | 0.0005 |
| 50 | C15H24O | 41.81 | 1517 | 0.22 | 0.0003 |
| 51 | C11H16O2 | 41.93 | 1520 | 0.27 | 0.0003 |
| 52 | C11H18O2 | 42.03 | 1523 | 0.39 | 0.0005 |
| 53 | C11H16O2 | 42.23 | 1527 | 0.52 | 0.0006 |
| 54 | C15H26O | 44.08 | 1572 | 0.13 | 0.0002 |
| 55 | C14H22O | 44.78 | 1588 | 0.16 | 0.0002 |
| 56 | C12H24O2 | 44.94 | 1592 | 0.16 | 0.0002 |
| 57 | C13H20O | 45.16 | 1597 | 0.15 | 0.0002 |
| 58 | C16H34 | 45.93 | 1600 | 0.34 | 0.0004 |
| 59 | C16H30O4 | 45.54 | 1608 | 0.25 | 0.0003 |
| 60 | C15H26O | 47.15 | 1652 | 0.28 | 0.0004 |
| 61 | C15H26O | 47.27 | 1656 | 0.27 | 0.0003 |
| 62 | C12H22O2 | 48.29 | 1684 | 0.27 | 0.0003 |
| 63 | C17H34 | 48.57 | 1690 | 0.28 | 0.0003 |
| 64 | C17H34 | 48.85 | 1693 | 0.21 | 0.0003 |
| 65 | C15H24O | 49.12 | 1695 | 0.10 | 0.0001 |
| 66 | C17H36 | 49.34 | 1700 | 1.91 | 0.0024 |
| 67 | C15H24O | 49.68 | 1729 | 1.18 | 0.0015 |
| 68 | C15H24O | 49.86 | 1735 | 0.55 | 0.0007 |
| 69 | C14H10 | 50.6 | 1761 | 0.35 | 0.0004 |
| 70 | C14H22O | 50.64 | 1762 | 0.39 | 0.0005 |
| 71 | C14H28O2 | 51.66 | 1798 | 6.58 | 0.0081 |
| 72 | C18H38 | 52.24 | 1800 | 0.21 | 0.0003 |
| 73 | C16H32O | 52.76 | 1834 | 0.15 | 0.0002 |
| 74 | C18H36O | 53.83 | 1869 | 3.95 | 0.0049 |
| 75 | C16H22O4 | 54.33 | 1885 | 1.38 | 0.0017 |
| 76 | C16H26O | 54.83 | 1890 | 0.27 | 0.0003 |
| 77 | C16H30O2 | 54.99 | 1895 | 0.09 | 0.0001 |
| 78 | C19H40 | 55.09 | 1900 | 0.24 | 0.0003 |
| 79 | C17H24O3 | 55.25 | 1931 | 0.50 | 0.0006 |
| 80 | C18H30O | 55.31 | 1935 | 0.85 | 0.0010 |
| 81 | C17H34O2 | 55.51 | 1949 | 0.12 | 0.0001 |
| 82 | C18H30O | 55.61 | 1956 | 0.09 | 0.0001 |
| 83 | C16H30O2 | 55.81 | 1969 | 1.67 | 0.0021 |
| 84 | C16H22O4 | 55.91 | 1976 | 3.10 | 0.0038 |
| 85 | C16H32O2 | 56.21 | 1997 | 19.02 | 0.0235 |
| 86 | C20H34O | 56.88 | 2062 | 2.40 | 0.0030 |
| 87 | C16H30O2 | 57.36 | 2113 | 0.51 | 0.0006 |
| 88 | C20H40O | 57.5 | 2130 | 3.59 | 0.0044 |
| 89 | C19H38O2 | 57.6 | 2143 | 1.91 | 0.0024 |
| 90 | C18H32O2 | 57.72 | 2158 | 4.66 | 0.0058 |
| 91 | C22H46 | 58.14 | 2200 | 0.37 | 0.0005 |
| 92 | C22H42O2 | 58.28 | 2232 | 0.33 | 0.0004 |
| 93 | C23H48 | 58.82 | 2300 | 3.18 | 0.0039 |
| 94 | C24H50 | 59.44 | 2400 | 1.36 | 0.0017 |
| 95 | C25H52 | 60.1 | 2500 | 9.13 | 0.0113 |
| 96 | C24H38O4 | 60.46 | 2565 | 0.63 | 0.0008 |
| 97 | C26H54 | 60.91 | 2600 | 0.73 | 0.0009 |
| 98 | C27H56 | 61.93 | 2700 | 1.20 | 0.0015 |
| 99 | C28H58 | 63.29 | 2800 | 0.70 | 0.0009 |
| 100 | C30H50 | 63.67 | 2848 | 0.92 | 0.0011 |
|  | **Итого** |  |  | **100.00** | **0.1240** |

Доля спиртов 7.83%, они также имеют важное аллелопатическое значение. Такое вещество как фитол (дитерпеновый спирт с относительной концентрацией 3.59 %) является одним из преобладающих компонентов эфирного масла *M. spicatum.* По-видимому, он играет защитную роль против насекомых и растительноядных личинок. Это вещество имеет также важное косметологическое, фармакологическое и медицинское значение (Costa et al., 2012).

Из спиртов стоит отметить обнаружение такого вещества как маноол (относительная концентрация 2.4%). Экологическая роль маноола в водных экосистемах не изучена, однако, можно предполагать, что она, подобно другим терпеновым веществам, связана с защитными функциями растения. Природный маноол интересен также как ценный ресурс для отраслей медицины, фармацевтики и парфюмерии.

Показано, что среди аллелохимических веществ, выделяемых *Myriophyllum spicatum L.* против цианобактерий, ведущую роль играют жирные кислоты. Это подтверждается достаточно большой относительной концентрацией таких кислот как тетрадекановой (6.58%), гексадекановой (19.02%) и октадекановой (4.66%).

Практически все ароматические углеводороды, обнаруживаемые у водных макрофитов, являются биологически активными и, по-видимому, выполняют разнообразные функции в регулировании развития растений с учетом состояния окружающей среды и взаимоотношений с другими водными организмами. К данному классу веществ относится фенантрен, обнаруженный в эфирном масле.

Специфическим веществом для данного образца является такое вещество как камфора. Считается, что оно является антибактериальным агентом с активным антогонистическими свойствами, которые были доказаны на бактериях *Enterobacter aerogenes* и *Stathylococcus aures* (Батаева и др., 2014).

**4.2. Компонентный состав урути колосистой, произраставшей в ерике Казачьем, г. Астрахань**

По результатам проведенного хромато-масс-спектрометрического анализа эфирного масла *Myriophyllum spicatum L.* (рис.4), произраставшего в ерике Казачьем, г. Астрахань было выявлено 33 НОС, из которых 1 не идентифицировано (RT=7.95) (табл.4).



Рис.4. Общий вид масс-спектрограммы эфирного масла урути колосистой, ерик Казачий.

Выявлено 14 мажорных веществ, имеющих относительное содержание в пробе более 1%: 2-гексанон, гексаналь, 2-пентадеканон- 6,10,14-триметил-, пентадекановая кислота, дибутилфталат, гексадекановая кислота, фитол, октадекановая кислота и др.

Преобладающими группами в эфирном масле урути колосистой из ерика Казачьего являются жирные кислоты (50.22%), эфиры (24.77%) и углеводороды (8.21%) (табл.3). В пробе очень высока концентрация гексадекановой кислоты (49.10% от общего содержания веществ) и значительна концентрация дибутилфталата (9.37%).  
 Наиболее высокая относительная концентрация веществ из группы углеводородов у пентакозана (2.61%) и у скуалена (1.65%), которые также относятся к мажорным компонентам.

Стоит отметь обнаружение такого вещества как биформен (0.67%). Возможно он является частью цикла синтеза маноола. В медицине биформен используют в качестве агента, тормозящего агрегацию тромбоцитов, препятствуя свертыванию крови (Курашов и др., 2013б).

Таблица 3. Сравнительное содержание (% по отношению к цельному эфирному маслу) основных групп веществ в образце *M. spicatum* L.*,* ерик Казачий.

|  |  |
| --- | --- |
| Спирты | 4.29 |
| Альдегиды | 3.62 |
| Полифункциональные соединения | 2.65 |
| Углеводороды | 8.21 |
| Кетоны | 4.18 |
| Ароматические углеводороды | 1.27 |
| Эфиры | 24.77 |
| Карбоновые (жирные) кислоты | 50.22 |
| Не идентифицированные вещества | 0.79 |

Таблица 4. Компонентный состав эфирного масла из *M. spicatum*   
(07/06/2013, ерик Казачий, г. Астрахань)   
(RT – время удерживания, мин; RI – индекс удерживания;   
% – доля вещества в эфирном масле;   
Сср – концентрация вещества в сухом растении, мг/г)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Формула** | **RT** | **RI** | **%** | **Сср** |
| 1 | C6H12O | 2.32 | 788 | 0.53 | 0.0019 |
| 2 | C6H12O | 2.38 | 791 | 1.60 | 0.0059 |
| 3 | C6H12O | 2.52 | 796 | 1.95 | 0.0072 |
| 4 | C6H14O | 2.61 | 800 | 0.47 | 0.0017 |
| 5 | C6H18O3Si3 | 3.04 | 817 | 0.37 | 0.0013 |
| 6 | C6H10O | 3.70 | 843 | 0.24 | 0.0009 |
| 7 | C8H10 | 4.64 | 881 | 0.27 | 0.0010 |
| 8 | C9H12 | 7.24 | 949 | 0.59 | 0.0022 |
| 9 |  | 7.95 | 966 | 0.79 | 0.0029 |
| 10 | C9H14O | 8.84 | 986 | 0.41 | 0.0015 |
| 11 | C10H16 | 10.49 | 1018 | 0.25 | 0.0009 |
| 12 | C12H26 | 22.77 | 1199 | 0.51 | 0.0019 |
| 13 | C14H30 | 36.83 | 1400 | 0.70 | 0.0026 |
| 14 | C13H20O | 40.10 | 1479 | 0.95 | 0.0035 |
| 15 | C15H30O | 49.11 | 1712 | 0.61 | 0.0022 |
| 16 | C18H36O | 53.06 | 1847 | 2.05 | 0.0075 |
| 17 | C16H22O4 | 53.73 | 1869 | 3.45 | 0.0126 |
| 18 | C15H30O2 | 54.24 | 1885 | 1.12 | 0.0041 |
| 19 | C16H26O | 54.38 | 1890 | 0.82 | 0.0030 |
| 20 | C17H24O3 | 54.83 | 1910 | 0.64 | 0.0023 |
| 21 | C20H32 | 54.95 | 1918 | 0.67 | 0.0025 |
| 22 | C16H22O4 | 55.60 | 1962 | 9.37 | 0.0343 |
| 23 | C16H32O2 | 55.94 | 1985 | 49.10 | 0.1797 |
| 24 | C20H34O | 56.59 | 2043 | 0.73 | 0.0027 |
| 25 | C20H40O | 57.31 | 2119 | 1.50 | 0.0055 |
| 26 | C16H30O2 | 57.13 | 2097 | 0.22 | 0.0008 |
| 27 | C19H38O2 | 57.38 | 2128 | 9.28 | 0.0340 |
| 28 | C22H42O2 | 58.09 | 2219 | 1.59 | 0.0058 |
| 29 | C23H48 | 58.63 | 2299 | 1.75 | 0.0064 |
| 30 | C24H50 | 59.25 | 2400 | 0.74 | 0.0027 |
| 31 | C25H52 | 59.86 | 2497 | 2.61 | 0.0095 |
| 32 | C24H38O4 | 60.21 | 2545 | 2.46 | 0.0090 |
| 33 | C30H50 | 63.16 | 2822 | 1.65 | 0.0061 |
|  | **Итого** |  |  | **100.00** | **0.3661** |

## **4.3. Компонентный состав урути колосистой, произраставшей в Черном море, п. Сергеевка (Одесская область, Украина)**

По результатам проведенного хромато-масс-спектрометрического анализа эфирного масла *Myriophyllum spicatum L*. (рис.5), произраставшего в Черном море, п. Сергеевка Одесской области (Украина), было выявлено 87 НОС (табл.6).



Рис.5. Общий вид масс-спектрограммы эфирного масла урути колосистой, Черное море.

Выявлено 15 мажорных веществ, имеющих относительное содержание в пробе более 1%: гексаналь, гептадекан, тетрадекановая кислота (17.76%), 2-пентадеканон-6,10,14-триметил, диизобутил фталат, дибутилфталат, гексадекановая кислота и гексадекановая кислота Z-11 (суммарное содержание – 35.18%), фитол, октадекановая кислота, неофитдиен, трикозан, пентакозан, бис-(2-этилгексил)-фталат (табл.6).

Преобладающими группами в данном образце являются жирные кислоты (55.39%), эфиры (15.08%) и углеводороды (11.53%). Столь высокое сравнительное содержание жирных кислот по отношению к цельному эфирному маслу объясняется тем, что жирные кислоты выполняют защитную функцию у многих растений.

В данном образце велико количество обнаруженных соединений с малой концентрацией (менее 0.1%): 4-гептаналь, тетрагидро-2-фуранметанол, 4-этил-фенол (0.04 %), бензальдегид, 2-пентил-фуранон и другие (более 20 соединений).

Стоить отметить обнаружение такого соединения, как α-лимонен. Лимонен встречается во многих маслах, фруктах, растениях. Он используется для обезжиривания металла перед промышленным окрашиванием, в бытовой химии. Также он входит в состав эфирного масел можжевельника и шалфея и выполняет там антимикробную и фунгицидную функцию (Батаева и др., 2014), из чего можно предположить, что и в данном образце α-лимонен имеют схожую экологическую роль.

Таблица 5. Сравнительное содержание (% по отношению к цельному эфирному маслу) основных групп веществ в образце *M. spicatum* L.*,*Черное море.

|  |  |
| --- | --- |
| Спирты | 7.43 |
| Альдегиды | 4.50 |
| Полифункциональные соединения | 0.52 |
| Углеводороды | 11.53 |
| Кетоны | 4.35 |
| Ароматические углеводороды | 1.20 |
| Эфиры | 15.08 |
| Карбоновые (жирные) кислоты | 55.39 |

В отличии от образца из озера Макаркино, в эфирном масле урути колосистой из Черного моря, маноол не является мажорным компонентом и его относительное содержание составляет 0.06%. Это может быть связано с тем, что защитные функции выполняют другие соединения.

Специфическим соединением для данной пробы является неофитдиен с высоким относительным содержанием – 4.9%.

Таблица 6. Компонентный состав эфирного масла из *M. spicatum*   
(26/06/2013,Черное море, п. Сергеевка)   
(RT – время удерживания, мин; RI – индекс удерживания;   
% – доля вещества в эфирном масле;   
Сср – концентрация вещества в сухом растении, мг/г)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Формула** | **RT** | **RI** | **%** | **Сср, мг/г** |
| 1 | C6H12O | 2.34 | 789 | 0.20 | 0.0006 |
| 2 | C6H12O | 2.4 | 792 | 0.71 | 0.0023 |
| 3 | C6H12O | 2.56 | 798 | 1.10 | 0.0035 |
| 4 | C6H14O | 2.62 | 800 | 0.22 | 0.0007 |
| 5 | C6H12O | 3.52 | 836 | 0.10 | 0.0003 |
| 6 | C6H10O | 3.7 | 843 | 0.17 | 0.0005 |
| 7 | C8H10 | 4 | 855 | 0.10 | 0.0003 |
| 8 | C8H10 | 4.65 | 881 | 0.17 | 0.0005 |
| 9 | C7H14O | 4.85 | 889 | 0.18 | 0.0006 |
| 10 | C7H12O | 5.09 | 899 | 0.08 | 0.0003 |
| 11 | C7H14O | 5.13 | 900 | 0.42 | 0.0013 |
| 12 | C5H10O2 | 5.68 | 913 | 0.08 | 0.0003 |
| 13 | C8H10O | 6.3 | 927 | 0.04 | 0.0001 |
| 14 | C10H20 | 6.64 | 935 | 0.10 | 0.0003 |
| 15 | C7H6O | 7.28 | 950 | 0.09 | 0.0003 |
| 16 | C9H20O | 7.36 | 952 | 0.10 | 0.0003 |
| 17 | C8H14O | 8.02 | 967 | 0.11 | 0.0003 |
| 18 | C9H12 | 8.7 | 983 | 0.07 | 0.0002 |
| 19 | C9H18O | 8.78 | 985 | 0.05 | 0.0002 |
| 20 | C9H14O | 8.88 | 987 | 0.41 | 0.0013 |
| 21 | C8H16O | 9.08 | 992 | 0.09 | 0.0003 |
| 22 | C9H12O | 9.38 | 999 | 0.41 | 0.0013 |
| 23 | C7H10O | 10.02 | 1010 | 0.13 | 0.0004 |
| 24 | C10H16 | 10.55 | 1019 | 0.13 | 0.0004 |
| 25 | C9H16O | 10.89 | 1025 | 0.02 | 0.0001 |
| 26 | C11H24 | 11.65 | 1039 | 0.04 | 0.0001 |
| 27 | C8H14O | 11.77 | 1041 | 0.04 | 0.0001 |
| 28 | C8H14O | 12.69 | 1057 | 0.07 | 0.0002 |
| 29 | C8H8O | 13.05 | 1063 | 0.02 | 0.0001 |
| 30 | C8H12O | 13.57 | 1072 | 0.16 | 0.0005 |
| 31 | C9H14O | 15.02 | 1097 | 0.06 | 0.0002 |
| 32 | C8H16O | 15.18 | 1100 | 0.11 | 0.0003 |
| 33 | C9H18O | 15.47 | 1104 | 0.14 | 0.0004 |
| 34 | C9H18O | 15.79 | 1108 | 0.02 | 0.0001 |
| 35 | C12H24 | 16.13 | 1112 | 0.11 | 0.0003 |
| 36 | C9H14O | 19.07 | 1151 | 0.18 | 0.0006 |
| 37 | C9H16O | 19.62 | 1158 | 0.18 | 0.0006 |
| 38 | C10H14O | 22.09 | 1190 | 0.11 | 0.0003 |
| 39 | C12H26 | 22.83 | 1200 | 0.24 | 0.0008 |
| 40 | C10H16O | 23.56 | 1210 | 0.11 | 0.0004 |
| 41 | C11H18O | 26.21 | 1246 | 0.04 | 0.0001 |
| 42 | C9H14O2 | 27.51 | 1263 | 0.02 | 0.0001 |
| 43 | C9H10O2 | 31.2 | 1315 | 0.02 | 0.0001 |
| 44 | C14H30 | 36.83 | 1400 | 0.23 | 0.0007 |
| 45 | C13H26O | 37.06 | 1405 | 0.03 | 0.0001 |
| 46 | C12H20O2 | 37.26 | 1410 | 0.01 | 0.0000 |
| 47 | C13H20O | 37.72 | 1421 | 0.02 | 0.0001 |
| 48 | C13H18O | 37.86 | 1424 | 0.04 | 0.0001 |
| 49 | C13H20O2 | 37.98 | 1427 | 0.01 | 0.0000 |
| 50 | C13H22O | 39.09 | 1454 | 0.10 | 0.0003 |
| 51 | C13H20O | 40.11 | 1479 | 0.66 | 0.0021 |
| 52 | C15H32 | 40.97 | 1500 | 0.06 | 0.0002 |
| 53 | C11H18O2 | 41.47 | 1512 | 0.07 | 0.0002 |
| 54 | C11H16O2 | 41.59 | 1515 | 0.11 | 0.0004 |
| 55 | C12H24O2 | 44.77 | 1590 | 0.34 | 0.0011 |
| 56 | C16H34 | 45.15 | 1600 | 0.35 | 0.0011 |
| 57 | C17H34 | 47.97 | 1678 | 0.13 | 0.0004 |
| 58 | C17H36 | 48.75 | 1700 | 1.02 | 0.0032 |
| 59 | C15H30O | 49.11 | 1712 | 0.81 | 0.0026 |
| 60 | C14H10 | 50.01 | 1744 | 0.36 | 0.0011 |
| 61 | C14H28O2 | 51.4 | 1793 | 17.76 | 0.0563 |
| 62 | C16H32O | 52.06 | 1815 | 0.13 | 0.0004 |
| 63 | C18H36O | 53.06 | 1847 | 1.46 | 0.0046 |
| 64 | C16H22O4 | 53.74 | 1869 | 1.77 | 0.0056 |
| 65 | C15H30O2 | 54.24 | 1885 | 0.77 | 0.0025 |
| 66 | C16H26O | 54.38 | 1890 | 0.61 | 0.0019 |
| 67 | C17H32O2 | 54.7 | 1901 | 0.14 | 0.0004 |
| 68 | C16H22O4 | 54.85 | 1911 | 0.11 | 0.0003 |
| 69 | C18H30O | 54.93 | 1916 | 0.29 | 0.0009 |
| 70 | C17H34O2 | 55.17 | 1933 | 0.11 | 0.0003 |
| 71 | C14H18O6 | 55.61 | 1963 | 8.93 | 0.0283 |
| 72 | C16H30O2 | 55.77 | 1973 | 14.76 | 0.0468 |
| 73 | C16H32O2 | 56.05 | 1993 | 20.42 | 0.0647 |
| 74 | C20H34O | 56.61 | 2045 | 0.06 | 0.0002 |
| 75 | C16H30O2 | 57.15 | 2099 | 0.23 | 0.0007 |
| 76 | C20H40O | 57.29 | 2116 | 1.98 | 0.0063 |
| 77 | C19H38O2 | 57.39 | 2129 | 0.71 | 0.0022 |
| 78 | C18H32O2 | 57.57 | 2151 | 1.68 | 0.0053 |
| 79 | C22H42O2 | 58.09 | 2219 | 4.90 | 0.0155 |
| 80 | C23H48 | 58.64 | 2300 | 1.78 | 0.0056 |
| 81 | C19H20O4 | 58.96 | 2352 | 0.11 | 0.0003 |
| 82 | C24H50 | 59.26 | 2400 | 0.96 | 0.0030 |
| 83 | C25H52 | 59.88 | 2500 | 5.36 | 0.0170 |
| 84 | C24H38O4 | 60.22 | 2546 | 2.97 | 0.0094 |
| 85 | C26H54 | 60.62 | 2600 | 0.22 | 0.0007 |
| 86 | C27H56 | 61.57 | 2700 | 0.25 | 0.0008 |
| 87 | C30H50 | 63.15 | 2822 | 0.24 | 0.0008 |
|  | **Итого** |  |  | **100.00** | **0.317** |

## **4.4. Компонентный состав урути колосистой, произраставшей в Днестровском лимане Одесской области, Украина (станция отбора №1 и станция отбора №2)**

По результатам проведенного хромато-масс-спектрометрического анализа эфирного масла *Myriophyllum spicatum L.* (рис.6), произраставшего в Днестровском лимане на станции отбора №1 Одесской области (Украина), было выявлено 78 НОС, из которых 4 не идентифицированы (RT=7.35, RT=16.88, RT=52.09, RT=52.69) (табл.8).



Рис.6. Общий вид масс-спектрограммы эфирного масла урути колосистой, Днестровский лиман, станция отбора №1.

Выявлено более 15 мажорных веществ, имеющих относительное содержание в пробе более 1%: гексаналь, гексадеканаль, тетрадекановая кислота, 2-пентадеканон, 6,10,14-триметил, пентадекановая кислота дибутилфталат, гексадекановая кислота и ее изомер Z-11, фитол и некоторые другие.

Таблица 7. Сравнительное содержание (% по отношению к цельному эфирному маслу) основных групп веществ в образце *M. spicatum L*.*,* Днестровский лиман, ст.№1.

|  |  |
| --- | --- |
| Спирты | 7.84 |
| Альдегиды | 6.67 |
| Полифункциональные соединения | 0.60 |
| Углеводороды | 9.08 |
| Кетоны | 6.26 |
| Ароматические углеводороды | 1.28 |
| Эфиры | 16.17 |
| Карбоновые (жирные) кислоты | 51.33 |
| Не идентифицированные соединения | 0.77 |

Как и в предыдущих пробах, наибольшее относительное содержание принадлежит таким группам веществ, как жирные кислоты, эфиры и углеводороды, но и в других классах встречаются мажорные вещества. Например, наиболее представительным из альдегидов является гексаналь с относительной концентрацией 1.69% и цис,цис,цис-7,10,13-гексадекатриеналь (1.61%), выполняющий важную регулирующую роль в трофических цепях в водных экосистемах. Среди углеводородов стоит отметить обнаружение таких ароматических углеводородов как бензен, 1,4-диметил (0.08%), бензен, 1,2-диметил (0.07%), фенафтрин (0.51%). Группа кетонов также достаточно широко представлена: 2-гексанон, α-ионон и др.

Таблица 8. Компонентный состав эфирного масла из *M. spicatum*   
(22/06/2013, Днестровский лиман, станция отбора №1)   
(RT – время удерживания, мин; RI – индекс удерживания;   
% – доля вещества в эфирном масле;   
Сср – концентрация вещества в сухом растении, мг/г)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Формула** | **RT** | **RI** | **%** | **Сср** |
| 1 | C6H12O | 2.38 | 791 | 0.20 | 0.0007 |
| 2 | C6H12O | 2.44 | 793 | 0.62 | 0.0020 |
| 3 | C6H12O | 2.58 | 799 | 1.69 | 0.0056 |
| 4 | C6H14O | 2.66 | 802 | 0.11 | 0.0004 |
| 5 | C5H4O2 | 3.26 | 826 | 0.04 | 0.0001 |
| 6 | C6H10O | 3.72 | 844 | 0.30 | 0.0010 |
| 7 | C10H22 | 3.4 | 831 | 0.03 | 0.0001 |
| 8 | C8H10 | 4.04 | 857 | 0.08 | 0.0003 |
| 9 | C8H10 | 4.67 | 882 | 0.07 | 0.0002 |
| 10 | C7H14O | 4.85 | 889 | 0.12 | 0.0004 |
| 11 | C7H12O | 5.09 | 899 | 0.11 | 0.0004 |
| 12 | C7H14O | 5.15 | 901 | 0.29 | 0.0010 |
| 13 | C5H10O2 | 5.69 | 913 | 0.13 | 0.0004 |
| 14 | C7H6O | 7.27 | 950 | 0.13 | 0.0004 |
| 15 |  | 7.35 | 952 | 0.18 | 0.0006 |
| 16 | C6H12O2 | 8.02 | 967 | 0.09 | 0.0003 |
| 17 | C9H14O | 8.89 | 987 | 0.58 | 0.0019 |
| 18 | C9H12O | 9.39 | 999 | 0.46 | 0.0015 |
| 19 | C8H16O | 9.59 | 1003 | 0.08 | 0.0003 |
| 20 | C7H10O | 10.02 | 1010 | 0.10 | 0.0003 |
| 21 | C10H16 | 10.54 | 1019 | 0.11 | 0.0003 |
| 22 | C9H16O | 10.87 | 1025 | 0.07 | 0.0002 |
| 23 | C8H14O | 12.64 | 1056 | 0.12 | 0.0004 |
| 24 | C8H14O | 13.56 | 1072 | 0.21 | 0.0007 |
| 25 | C9H14O | 14.92 | 1095 | 0.12 | 0.0004 |
| 26 | C8H16O | 15.16 | 1099 | 0.28 | 0.0009 |
| 27 | C9H18O | 15.44 | 1103 | 0.16 | 0.0005 |
| 28 | C9H20O | 16.14 | 1112 | 0.17 | 0.0006 |
| 29 |  | 16.88 | 1122 | 0.05 | 0.0002 |
| 30 | C12H24 | 17.02 | 1124 | 0.06 | 0.0002 |
| 31 | C9H14O | 19.01 | 1150 | 0.25 | 0.0008 |
| 32 | C9H16O | 19.59 | 1158 | 0.27 | 0.0009 |
| 33 | C12H26 | 22.81 | 1200 | 0.23 | 0.0007 |
| 34 | C12H24 | 23.21 | 1205 | 0.04 | 0.0001 |
| 35 | C10H16O | 23.59 | 1210 | 0.07 | 0.0002 |
| 36 | C14H28 | 36.39 | 1393 | 0.04 | 0.0001 |
| 37 | C14H30 | 36.83 | 1400 | 0.27 | 0.0009 |
| 38 | C13H26O | 37.09 | 1406 | 0.06 | 0.0002 |
| 39 | C13H20O | 37.69 | 1420 | 0.06 | 0.0002 |
| 40 | C13H18O | 37.87 | 1425 | 0.05 | 0.0002 |
| 41 | C13H22O | 39.07 | 1454 | 0.16 | 0.0005 |
| 42 | C13H20O | 40.09 | 1478 | 1.26 | 0.0041 |
| 43 | C15H32 | 40.97 | 1500 | 0.06 | 0.0002 |
| 44 | C15H24O | 41.21 | 1505 | 0.09 | 0.0003 |
| 45 | C11H16O2 | 41.31 | 1508 | 0.14 | 0.0005 |
| 46 | C11H18O2 | 41.45 | 1511 | 0.12 | 0.0004 |
| 47 | C16H30O4 | 44.75 | 1590 | 0.42 | 0.0014 |
| 48 | C16H34 | 45.15 | 1600 | 0.25 | 0.0008 |
| 49 |  | 46.99 | 1651 | 0.19 | 0.0006 |
| 50 | C17H34 | 47.97 | 1678 | 0.17 | 0.0005 |
| 51 | C16H34O | 48.23 | 1685 | 0.71 | 0.0023 |
| 52 | C17H36 | 48.75 | 1699 | 0.46 | 0.0015 |
| 53 | C16H32O | 49.11 | 1712 | 1.58 | 0.0052 |
| 54 | C14H10 | 50.01 | 1744 | 0.51 | 0.0017 |
| 55 | C14H28O2 | 51.31 | 1789 | 12.90 | 0.0425 |
| 56 | C16H32O | 52.05 | 1814 | 0.19 | 0.0006 |
| 57 |  | 52.69 | 1835 | 0.35 | 0.0012 |
| 58 | C18H36O | 53.07 | 1847 | 2.95 | 0.0097 |
| 59 | C16H22O4 | 53.74 | 1869 | 2.82 | 0.0093 |
| 60 | C15H30O2 | 54.24 | 1885 | 1.81 | 0.0060 |
| 61 | C16H26O | 54.38 | 1890 | 1.60 | 0.0053 |
| 62 | C17H24O3 | 54.84 | 1910 | 0.22 | 0.0007 |
| 63 | C18H30O | 54.94 | 1917 | 0.49 | 0.0016 |
| 64 | C16H22O4 | 55.62 | 1963 | 6.60 | 0.0218 |
| 65 | C16H30O2 | 55.68 | 1967 | 6.57 | 0.0217 |
| 66 | C16H32O2 | 56.04 | 1992 | 26.75 | 0.0882 |
| 67 | C17H30O | 56.86 | 2070 | 0.63 | 0.0021 |
| 68 | C16H30O2 | 57.15 | 2099 | 0.53 | 0.0017 |
| 69 | C20H40O | 57.3 | 2118 | 1.86 | 0.0061 |
| 70 | C19H38O2 | 57.4 | 2130 | 2.18 | 0.0072 |
| 71 | C18H32O2 | 57.52 | 2145 | 3.30 | 0.0109 |
| 72 | C22H42O2 | 58.1 | 2221 | 3.60 | 0.0119 |
| 73 | C23H48 | 58.63 | 2299 | 1.45 | 0.0048 |
| 74 | C19H20O4 | 58.96 | 2352 | 0.32 | 0.0010 |
| 75 | C25H52 | 59.88 | 2500 | 4.79 | 0.0158 |
| 76 | C24H38O4 | 60.22 | 2546 | 3.30 | 0.0109 |
| 77 | C26H54 | 60.63 | 2601 | 0.31 | 0.0010 |
| 78 | C27H56 | 61.57 | 2699 | 0.31 | 0.0010 |
|  | **Итого** |  |  | **100.00** | **0.3297** |

Наибольшим относительным содержанием обладает гексадекановая кислота – 26.75% от общего количества выявленных веществ. Доля фитола составила 1.86%. Нельзя не отметить и высокое содержание тетрадекановой кислоты – ее доля составляла 12.90% и дибутилфталата – 6.60%.

Были идентифицированы вещества и с низкой концентрацией (менее 0.1%). К примеру, 2-фуранкарбоксальдегид (0.04%), бензен, 1,4-диметил (0.08%), бензен, 1,3-диметил-(0.07%), циклогексанон, 2,2,6-триметил (0.07%), α-ионон (0.06%) и др.

По результатам проведенного хромато-масс-спектрометрического анализа эфирного масла *Myriophyllum spicatum L.* (рис.7), произраставшего в Днестровском лимане на станции отбора №2 Одесской области (Украина), было выявлено 86 НОС, из которых 3 не идентифицированы (RT=3.48, RT=7.36, RT= 50.2). (табл.10)



Рис.7. Общий вид масс-спектрограммы эфирного масла урути колосистой, Днестровский лиман, станция отбора №2.

Выявлено более 15 мажорных веществ, имеющих относительное содержание в пробе более 1%: гексаналь, 2-гексанон, пентадеканаль, тетрадекановая кислота, цис,цис,цис-7,10,13-гексадекатриеналь, гексадекановая кислота, фитол, октадекановая кислота, бис(2-этилгексил)фталат и некоторые другие.

Таблица 9. Сравнительное содержание (% по отношению к цельному эфирному маслу) основных групп веществ в образце *M. spicatum L.,* Днестровский лиман, ст.№2.

|  |  |
| --- | --- |
| Спирты | 5.76 |
| Альдегиды | 9.24 |
| Полифункциональные соединения | 0.58 |
| Углеводороды | 8.35 |
| Кетоны | 8.64 |
| Ароматические углеводороды | 1.74 |
| Эфиры | 19.58 |
| Карбоновые (жирные) кислоты | 43.99 |
| Хлорсодержащие соединение | 1.63 |
| Не идентифицированные вещества | 0.35 |

Наибольшим относительным содержанием обладает гексадекановая кислота и тетрадекановая кислота– 19.39% и 18.51% от общего количества выявленных веществ. Доля фитола составила 1.06%, а маноола 0.18% Нельзя не отметить и высокое содержание бис(2-этилгексил)фталат –3.24%.

Были идентифицированы вещества и с низкой концентрацией (менее 0.1%). К примеру, 2-фуранкарбоксальдегид (0.04%), 1-гексанол (0.05%), 1,3,5-октатриен (0.03%), циклогексанон, 3-метил (0.07%) и др.

Таблица 10. Компонентный состав эфирного масла из *M. spicatum*   
(22/06/2013, Днестровский лиман, станция отбора №2)   
(RT – время удерживания, мин; RI – индекс удерживания;   
% – доля вещества в эфирном масле;   
Сср – концентрация вещества в сухом растении, мг/г)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Формула** | **RT** | **RI** | **%** | **Сср** |
| 1 | C6H14O | 2.26 | 786 | 0.27 | 0.0004 |
| 2 | C6H12O | 2.46 | 794 | 0.63 | 0.0010 |
| 3 | C6H12O | 2.52 | 796 | 1.63 | 0.0026 |
| 4 | C6H12O | 2.66 | 802 | 1.95 | 0.0031 |
| 5 | C6H14O | 2.74 | 805 | 0.28 | 0.0004 |
| 6 | C5H4O2 | 3.34 | 829 | 0.09 | 0.0001 |
| 7 |  | 3.48 | 835 | 0.06 | 0.0001 |
| 8 | C6H10O | 3.62 | 840 | 0.23 | 0.0004 |
| 9 | C6H10O | 3.8 | 847 | 0.53 | 0.0008 |
| 10 | C8H10 | 4.09 | 859 | 0.20 | 0.0003 |
| 11 | C6H14O | 4.39 | 871 | 0.05 | 0.0001 |
| 12 | C8H12 | 4.47 | 874 | 0.03 | 0.0001 |
| 13 | C6H10O2 | 4.55 | 877 | 0.05 | 0.0001 |
| 14 | C8H10 | 4.73 | 884 | 0.16 | 0.0003 |
| 15 | C7H14O | 4.91 | 892 | 0.22 | 0.0003 |
| 16 | C7H12O | 5.14 | 900 | 0.16 | 0.0003 |
| 17 | C7H14O | 5.2 | 902 | 0.44 | 0.0007 |
| 18 | C7H12O | 5.63 | 912 | 0.07 | 0.0001 |
| 19 | C5H10O2 | 5.73 | 914 | 0.13 | 0.0002 |
| 20 | C7H6O | 7.3 | 951 | 0.19 | 0.0003 |
| 21 |  | 7.36 | 952 | 0.19 | 0.0003 |
| 22 | C6H12O2 | 8.02 | 967 | 0.23 | 0.0004 |
| 23 | C8H16O | 8.45 | 977 | 0.07 | 0.0001 |
| 24 | C8H16O | 8.59 | 981 | 0.09 | 0.0001 |
| 25 | C9H18O | 8.79 | 985 | 0.08 | 0.0001 |
| 26 | C9H14O | 8.91 | 988 | 0.68 | 0.0011 |
| 27 | C9H12O | 9.39 | 999 | 0.57 | 0.0009 |
| 28 | C8H16O | 9.59 | 1003 | 0.09 | 0.0001 |
| 29 | C7H10O | 10.03 | 1010 | 0.20 | 0.0003 |
| 30 | C10H16 | 10.55 | 1019 | 0.19 | 0.0003 |
| 31 | C9H16O | 10.89 | 1025 | 0.06 | 0.0001 |
| 32 | C8H14O | 11.75 | 1040 | 0.08 | 0.0001 |
| 33 | C8H14O | 12.67 | 1056 | 0.22 | 0.0003 |
| 34 | C8H12O | 13.56 | 1072 | 0.47 | 0.0007 |
| 35 | C8H12O | 14.92 | 1095 | 0.19 | 0.0003 |
| 36 | C8H16O | 15.16 | 1099 | 0.50 | 0.0008 |
| 37 | C9H18O | 15.44 | 1103 | 0.16 | 0.0002 |
| 38 | C9H14O | 19.08 | 1151 | 0.36 | 0.0006 |
| 39 | C9H16O | 19.61 | 1158 | 0.35 | 0.0006 |
| 40 | C12H26 | 22.81 | 1200 | 0.38 | 0.0006 |
| 41 | C10H16O | 23.58 | 1210 | 0.14 | 0.0002 |
| 42 | C12H24O3 | 34.83 | 1369 | 0.08 | 0.0001 |
| 43 | C14H30 | 36.84 | 1400 | 0.41 | 0.0006 |
| 44 | C13H26O | 37.06 | 1405 | 0.06 | 0.0001 |
| 45 | C13H22O | 39.08 | 1454 | 0.16 | 0.0003 |
| 46 | C13H20O | 40.08 | 1478 | 1.72 | 0.0027 |
| 47 | C15H32 | 40.97 | 1500 | 0.06 | 0.0001 |
| 48 | C15H24O | 41.21 | 1505 | 0.13 | 0.0002 |
| 49 | C11H16O2 | 41.31 | 1508 | 0.22 | 0.0003 |
| 50 | C16H30O4 | 44.75 | 1590 | 0.45 | 0.0007 |
| 51 | C16H34 | 45.15 | 1600 | 0.52 | 0.0008 |
| 52 | C17H34 | 48.26 | 1686 | 0.35 | 0.0006 |
| 53 | C15H28O | 48.4 | 1690 | 0.30 | 0.0005 |
| 54 | C17H36 | 48.74 | 1699 | 0.47 | 0.0008 |
| 55 | C15H30O | 49.12 | 1712 | 1.94 | 0.0031 |
| 56 | C14H10 | 50 | 1743 | 0.52 | 0.0008 |
| 57 |  | 50.2 | 1750 | 0.10 | 0.0002 |
| 58 | C14H28O2 | 51.29 | 1789 | 18.51 | 0.0293 |
| 59 | C18H38 | 51.57 | 1799 | 0.71 | 0.0011 |
| 60 | C16H32O | 52.05 | 1814 | 0.35 | 0.0006 |
| 61 | C15H30O2 | 52.69 | 1835 | 0.32 | 0.0005 |
| 62 | C18H36O | 53.07 | 1847 | 2.48 | 0.0039 |
| 63 | C16H22O4 | 53.73 | 1869 | 3.33 | 0.0053 |
| 64 | C17H31Cl | 54.25 | 1886 | 1.63 | 0.0026 |
| 65 | C16H26O | 54.39 | 1890 | 1.77 | 0.0028 |
| 66 | C16H22O4 | 54.84 | 1910 | 0.21 | 0.0003 |
| 67 | C18H30O | 54.94 | 1917 | 0.52 | 0.0008 |
| 68 | C17H34O2 | 55.16 | 1932 | 0.21 | 0.0003 |
| 69 | C22H34O4 | 55.62 | 1963 | 8.01 | 0.0127 |
| 70 | C16H30O2 | 55.66 | 1966 | 5.77 | 0.0091 |
| 71 | C16H32O2 | 55.98 | 1988 | 19.39 | 0.0307 |
| 72 | C18H34O | 56.36 | 2020 | 0.23 | 0.0004 |
| 73 | C20H34O | 56.6 | 2044 | 0.18 | 0.0003 |
| 74 | C19H34O2 | 56.86 | 2070 | 0.50 | 0.0008 |
| 75 | C16H30O2 | 57.14 | 2098 | 0.39 | 0.0006 |
| 76 | C20H40O | 57.3 | 2118 | 1.06 | 0.0017 |
| 77 | C19H38O2 | 57.38 | 2128 | 3.04 | 0.0048 |
| 78 | C22H42O2 | 58.08 | 2218 | 3.08 | 0.0049 |
| 79 | C23H48 | 58.63 | 2299 | 0.56 | 0.0009 |
| 80 | C19H20O4 | 58.97 | 2354 | 0.12 | 0.0002 |
| 81 | C24H50 | 59.24 | 2398 | 0.40 | 0.0006 |
| 82 | C25H52 | 59.87 | 2498 | 2.92 | 0.0046 |
| 83 | C24H38O4 | 60.21 | 2545 | 3.24 | 0.0051 |
| 84 | C26H54 | 60.62 | 2600 | 0.14 | 0.0002 |
| 85 | C27H56 | 61.58 | 2700 | 0.23 | 0.0004 |
| 86 | C30H50 | 63.17 | 2823 | 0.50 | 0.0008 |
|  |  |  |  | **100.00** | **0.1583** |

## **4.5. Компонентный состав урути колосистой, произраставшей в Щучьем заливе Ладожского озера**

По результатам проведенного хромато-масс-спектрометрического анализа эфирного масла *Myriophyllum spicatum L*. (рис.8), произраставшего в Щучьем заливе Ладожского озера, было выявлено 107 НОС, из которых 1 не идентифицировано (RT=56.57) (табл.11).



Рис.8. Общий вид масс-спектрограммы эфирного масла урути колосистой, Щучий залив Ладожского озера.

Результаты анализа компонентного состава НОС эфирного масла *M. spicatum* из Щучьего залива говорят о наличии большого количества соединений, принадлежащих к различным классам (табл. 11 и табл. 12).

В пробе обнаружено 19 мажорных веществ, имеющих относительное содержание в пробе более 1%: 2-пентилфуран, тетрадеканаль, 1-тетрадеканол, гептадекан, пентадеканаль, тетрадекановая кислота, пентадекановая кислота, 6,10,14-триметил-2-пентадеканон, дибутилфталат, фитол, 9,12-октадекановая кислота и др.

Таблица 11. Компонентный состав эфирного масла из *M. spicatum*   
(28/10/2016, Щучий залив Ладожского озера)   
(RT – время удерживания, мин; RI – индекс удерживания;   
% – доля вещества в эфирном масле;   
Сср – концентрация вещества в сухом растении, мг/г)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Формула** | **RT** | **RI** | **%** | **Сср, мг/г** |
| 1 | C9H14 | 4.28 | 844 | 0.13 | 0.0002 |
| 2 | C6H12O | 4.58 | 855 | 0.21 | 0.0004 |
| 3 | C8H12 | 5.33 | 882 | 0.06 | 0.0001 |
| 4 | C7H14O | 6.12 | 907 | 0.40 | 0.0008 |
| 5 | C8H10O | 6.81 | 922 | 0.13 | 0.0002 |
| 6 | C8H10O | 7.4 | 934 | 0.06 | 0.0001 |
| 7 | C7H6O | 8.35 | 955 | 0.26 | 0.0005 |
| 8 | C9H18O | 9.94 | 989 | 0.16 | 0.0003 |
| 9 | C9H14O | 10.11 | 993 | 2.55 | 0.0049 |
| 10 | C9H12O | 10.63 | 1003 | 1.55 | 0.0030 |
| 11 | C8H16O | 10.79 | 1006 | 0.14 | 0.0003 |
| 12 | C13H28 | 11.86 | 1023 | 0.03 | 0.0001 |
| 13 | C9H16O | 12.18 | 1028 | 0.11 | 0.0002 |
| 14 | C8H8O | 12.81 | 1038 | 0.11 | 0.0002 |
| 15 | C6H8O4 | 13.18 | 1044 | 0.09 | 0.0002 |
| 16 | C9H14O | 13.69 | 1053 | 0.17 | 0.0003 |
| 17 | C8H14O | 13.91 | 1056 | 0.13 | 0.0002 |
| 18 | C8H8O | 14.16 | 1060 | 0.06 | 0.0001 |
| 19 | C8H16O | 16.67 | 1098 | 0.15 | 0.0003 |
| 20 | C9H18O | 17 | 1102 | 0.31 | 0.0006 |
| 21 | C10H18O | 20.32 | 1144 | 0.14 | 0.0003 |
| 22 | C9H14O | 20.84 | 1151 | 0.44 | 0.0009 |
| 23 | C9H16O | 21.38 | 1158 | 0.34 | 0.0007 |
| 24 | C10H14O | 23.87 | 1190 | 0.23 | 0.0004 |
| 25 | C10H20O | 25.06 | 1205 | 0.12 | 0.0002 |
| 26 | C10H16O | 25.47 | 1211 | 0.24 | 0.0005 |
| 27 | C11H18O | 28.1 | 1244 | 0.10 | 0.0002 |
| 28 | C10H18O | 29.2 | 1258 | 0.15 | 0.0003 |
| 29 | C9H12O | 30.27 | 1272 | 0.10 | 0.0002 |
| 30 | C11H22O | 32.02 | 1295 | 0.21 | 0.0004 |
| 31 | C11H20O | 32.94 | 1309 | 0.14 | 0.0003 |
| 32 | C13H16 | 34.9 | 1343 | 0.05 | 0.0001 |
| 33 | C10H18O2 | 36.1 | 1364 | 0.02 | 0.0000 |
| 34 | C12H22O4 | 36.95 | 1379 | 0.44 | 0.0008 |
| 35 | C14H28 | 37.78 | 1393 | 0.09 | 0.0002 |
| 36 | C14H30 | 38.15 | 1400 | 0.16 | 0.0003 |
| 37 | C13H26O | 38.37 | 1405 | 0.14 | 0.0003 |
| 38 | C12H24O | 38.5 | 1409 | 0.06 | 0.0001 |
| 39 | C13H20O | 39.01 | 1421 | 0.05 | 0.0001 |
| 40 | C13H18O | 39.16 | 1425 | 0.06 | 0.0001 |
| 41 | C13H22O | 40.27 | 1453 | 0.29 | 0.0006 |
| 42 | C10H18O | 40.69 | 1464 | 0.03 | 0.0001 |
| 43 | C13H20O2 | 40.74 | 1465 | 0.03 | 0.0001 |
| 44 | C13H20O | 41.3 | 1479 | 1.89 | 0.0036 |
| 45 | C17H36 | 41.94 | 1495 | 0.16 | 0.0003 |
| 46 | C15H32 | 42.11 | 1500 | 0.80 | 0.0015 |
| 47 | C13H26O | 42.49 | 1508 | 0.36 | 0.0007 |
| 48 | C11H18O2 | 42.66 | 1512 | 0.58 | 0.0011 |
| 49 | C11H16O2 | 42.87 | 1517 | 0.25 | 0.0005 |
| 50 | C15H32O | 45.13 | 1568 | 0.10 | 0.0002 |
| 51 | C13H28O | 45.54 | 1578 | 0.47 | 0.0009 |
| 52 | C13H20O | 45.85 | 1585 | 0.09 | 0.0002 |
| 53 | C16H32 | 46.19 | 1592 | 0.14 | 0.0003 |
| 54 | C16H34 | 46.5 | 1600 | 0.08 | 0.0002 |
| 55 | C14H28O | 46.93 | 1613 | 1.01 | 0.0019 |
| 56 | C17H34 | 47.94 | 1644 | 0.13 | 0.0003 |
| 57 | C12H27O4P | 48.52 | 1661 | 0.26 | 0.0005 |
| 58 | C15H26O2 | 48.94 | 1674 | 0.57 | 0.0011 |
| 59 | C14H30O | 49.11 | 1679 | 3.58 | 0.0069 |
| 60 | C17H34 | 49.34 | 1687 | 0.30 | 0.0006 |
| 61 | C14H30O | 49.55 | 1693 | 0.35 | 0.0007 |
| 62 | C17H36 | 49.79 | 1700 | 4.12 | 0.0079 |
| 63 | C15H30O | 50.17 | 1713 | 5.64 | 0.0108 |
| 64 | C16H34O | 50.76 | 1732 | 0.17 | 0.0003 |
| 65 | C14H10 | 51.15 | 1745 | 0.26 | 0.0005 |
| 66 | C14H28O2 | 52.15 | 1777 | 4.13 | 0.0079 |
| 67 | C18H36 | 52.58 | 1791 | 0.11 | 0.0002 |
| 68 | C16H32O | 53.43 | 1823 | 0.16 | 0.0003 |
| 69 | C15H30O2 | 54.1 | 1850 | 1.22 | 0.0023 |
| 70 | C18H36O | 54.31 | 1858 | 4.43 | 0.0085 |
| 71 | C16H32O | 54.59 | 1870 | 0.29 | 0.0005 |
| 72 | C16H22O4 | 54.72 | 1875 | 0.38 | 0.0007 |
| 73 | C15H30O2 | 54.89 | 1882 | 0.84 | 0.0016 |
| 74 | C16H34O | 55.03 | 1887 | 0.29 | 0.0006 |
| 75 | C17H30O | 55.08 | 1889 | 0.17 | 0.0003 |
| 76 | C16H26O | 55.18 | 1893 | 0.48 | 0.0009 |
| 77 | C16H30O2 | 55.33 | 1899 | 0.10 | 0.0002 |
| 78 | C18H30O | 55.60 | 1920 | 0.74 | 0.0014 |
| 79 | C16H30O2 | 55.92 | 1945 | 0.07 | 0.0001 |
| 80 | C20H40O | 56.02 | 1953 | 0.89 | 0.0017 |
| 81 | C16H30O2 | 56.17 | 1965 | 4.75 | 0.0091 |
| 82 | C16H22O4 | 56.17 | 1965 | 2.97 | 0.0057 |
| 83 | C16H32O2 | 56.44 | 1986 | 9.21 | 0.0177 |
| 84 |  | 56.57 | 1996 | 0.42 | 0.0008 |
| 85 | C18H36O | 56.84 | 2024 | 0.09 | 0.0002 |
| 86 | C20H34O | 56.91 | 2031 | 0.15 | 0.0003 |
| 87 | C16H10 | 57.02 | 2043 | 0.07 | 0.0001 |
| 88 | C17H32O2 | 57.08 | 2050 | 0.19 | 0.0004 |
| 89 | C17H32O2 | 57.16 | 2058 | 0.30 | 0.0006 |
| 90 | C11H13NO3 | 57.28 | 2071 | 0.17 | 0.0003 |
| 91 | C16H28O2 | 57.35 | 2079 | 0.18 | 0.0004 |
| 92 | C21H44 | 57.56 | 2101 | 0.32 | 0.0006 |
| 93 | C16H30O2 | 57.58 | 2104 | 0.60 | 0.0011 |
| 94 | C15H27NO | 57.62 | 2109 | 0.42 | 0.0008 |
| 95 | C20H40O | 57.69 | 2118 | 11.48 | 0.0221 |
| 96 | C18H32O2 | 57.94 | 2151 | 5.47 | 0.0105 |
| 97 | C22H46 | 58.32 | 2200 | 0.25 | 0.0005 |
| 98 | C22H42O2 | 58.48 | 2224 | 3.98 | 0.0077 |
| 99 | C23H48 | 59.00 | 2302 | 6.30 | 0.0121 |
| 100 | C22H44 | 59.29 | 2348 | 0.13 | 0.0003 |
| 101 | C21H40O2 | 59.35 | 2358 | 0.10 | 0.0002 |
| 102 | C24H50 | 59.61 | 2400 | 1.20 | 0.0023 |
| 103 | C25H52 | 60.33 | 2502 | 4.57 | 0.0088 |
| 104 | C24H38O4 | 60.76 | 2552 | 0.27 | 0.0005 |
| 105 | C26H54 | 61.18 | 2600 | 0.12 | 0.0002 |
| 106 | C27H56 | 62.26 | 2700 | 0.17 | 0.0003 |
| 107 | C30H50 | 64.15 | 2828 | 0.07 | 0.0001 |
|  | **Итого** |  |  | **100.00** | **0.1922** |

Нельзя не отметить, идентификацию такого вещества, как трибутилфосфат (0.26%). Известно, что это соединения является хорошим растворителем и пластификатором (URL 10).

Преобладающими группами в эфирном масле урути колосистой данного образца являются жирные кислоты (26.30%), углеводороды (19.35%) и спирты (18.92%) (табл.12).

Такое высокое относительное содержание спиртов объясняется наличием 1-тетрадеканол (3.58%) и фитола (11.48%), который в свою очередь обладает наибольшей долей в эфирном масле.

Нельзя не отметить и высокое содержание соединений других химических групп, к примеру, трикозана – его доля составляла 6.30% и гексадекановой кислоты – 9.21%.

Таблица 12. Сравнительное содержание (% по отношению к цельному эфирному маслу) основных групп веществ в образце *M. spicatum* L.*,*   
Щучий залив Ладожского озера.

|  |  |
| --- | --- |
| Спирты | 18.92 |
| Альдегиды | 11.14 |
| Полифункциональные соединения | 0.39 |
| Углеводороды | 19.35 |
| Кетоны | 9.73 |
| Ароматические углеводороды | 0.64 |
| Эфиры | 12.68 |
| Карбоновые (жирные) кислоты | 26.30 |
| Фосфорсодержащие соединения | 0.26 |
| Азотосодержащие соединения | 0.17 |
| Не идентифицированное | 0.42 |

## **4.6. Компонентный состав урути колосистой, произраставшей в озере Узкое (пробы 2015 и 2016 г.)**

По результатам проведенного хромато-масс-спектрометрического анализа эфирного масла *Myriophyllum spicatum L*. (рис. 9), произраставшего в озере Узком (2015 г.), было выявлено 126 НОС, из которых 4 не идентифицировано (RT=49.04, RT=52.96, RT=53.97, RT=55.22) (табл.13).



Рис.9. Общий вид масс-спектрограммы эфирного масла урути колосистой, озеро Узкое (2015 г.)

Результаты анализа компонентного состава НОС эфирного масла *M. spicatum* из озера Узкого (2015 г.) говорят о наличии большого количества соединений, принадлежащих к различным классам (табл.13 и табл.14).

В пробе обнаружено 14 мажорных веществ, имеющих относительное содержание в пробе более 1%: тетрадекановая кислота, 6,10,14-триметил-2-пентадеканон, гексадекановая кислота и ее изомеры, дибутилфталат, фитол, 9,12-октадекановая кислота и др.

Таблица 13. Компонентный состав эфирного масла из *M. spicatum*   
(09/02/2016, озеро Узкое)   
(RT – время удерживания, мин; RI – индекс удерживания;   
% – доля вещества в эфирном масле;   
Сср – концентрация вещества в сухом растении, мг/г)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Формула** | **RT** | **RI** | **%** | **Сср, мг/г** |
| 1 | C7H14O | 3.69 | 822 | 0.03 | 0.0001 |
| 2 | C7H12O | 4.04 | 835 | 0.04 | 0.0001 |
| 3 | C9H14 | 4.42 | 849 | 0.06 | 0.0002 |
| 4 | C6H12O | 4.7 | 859 | 0.14 | 0.0004 |
| 5 | C9H16 | 4.82 | 864 | 0.03 | 0.0001 |
| 6 | C8H12 | 5.44 | 886 | 0.04 | 0.0001 |
| 7 | C10H22 | 5.58 | 892 | 0.04 | 0.0001 |
| 8 | C9H20 | 6.14 | 907 | 0.13 | 0.0004 |
| 9 | C7H14O | 6.2 | 908 | 0.38 | 0.0011 |
| 10 | C7H16O | 6.26 | 910 | 0.05 | 0.0001 |
| 11 | C8H10O | 6.89 | 923 | 0.08 | 0.0002 |
| 12 | C8H10O | 7.47 | 936 | 0.07 | 0.0002 |
| 13 | C7H6O | 8.42 | 956 | 0.04 | 0.0001 |
| 14 | C8H16O | 8.43 | 957 | 0.06 | 0.0002 |
| 15 | C11H24 | 8.54 | 959 | 0.02 | 0.0001 |
| 16 | C12H26 | 9.11 | 971 | 0.03 | 0.0001 |
| 17 | C7H16O | 9.35 | 977 | 0.03 | 0.0001 |
| 18 | C8H16O | 9.7 | 984 | 0.03 | 0.0001 |
| 19 | C8H14O | 10.02 | 991 | 0.14 | 0.0004 |
| 20 | C9H14O | 10.13 | 994 | 0.80 | 0.0023 |
| 21 | C7H10O | 10.43 | 1000 | 0.04 | 0.0001 |
| 22 | C9H12O | 10.65 | 1004 | 0.35 | 0.0010 |
| 23 | C8H16O | 10.79 | 1006 | 0.09 | 0.0003 |
| 24 | C7H10O | 11.09 | 1011 | 0.09 | 0.0003 |
| 25 | C13H28 | 11.89 | 1024 | 0.02 | 0.0001 |
| 26 | C9H16O | 12.18 | 1028 | 0.04 | 0.0001 |
| 27 | C8H8O | 12.77 | 1038 | 0.08 | 0.0002 |
| 28 | C6H8O4 | 13.17 | 1044 | 0.06 | 0.0002 |
| 29 | C9H14O | 13.67 | 1052 | 0.07 | 0.0002 |
| 30 | C8H14O | 13.88 | 1056 | 0.08 | 0.0002 |
| 31 | C8H8O | 14.09 | 1059 | 0.04 | 0.0001 |
| 32 | C8H12O | 14.78 | 1070 | 0.07 | 0.0002 |
| 33 | C8H18O | 15.04 | 1074 | 0.05 | 0.0001 |
| 34 | C9H18O | 17.02 | 1102 | 0.72 | 0.0021 |
| 35 | C9H10O | 20.41 | 1146 | 0.36 | 0.0010 |
| 36 | C9H14O | 20.92 | 1152 | 0.05 | 0.0001 |
| 37 | C9H16O | 21.45 | 1159 | 0.10 | 0.0003 |
| 38 | C8H16O2 | 25.04 | 1205 | 0.39 | 0.0011 |
| 39 | C10H20O | 25.17 | 1207 | 0.04 | 0.0001 |
| 40 | C10H16O | 25.56 | 1212 | 0.05 | 0.0001 |
| 41 | C10H18O | 29.18 | 1258 | 0.08 | 0.0002 |
| 42 | C9H12O | 30.39 | 1274 | 0.06 | 0.0002 |
| 43 | C9H18O2 | 32.64 | 1304 | 0.87 | 0.0025 |
| 44 | C9H10O2 | 33.09 | 1311 | 0.24 | 0.0007 |
| 45 | C10H16O | 33.48 | 1318 | 0.06 | 0.0002 |
| 46 | C9H16O2 | 34.61 | 1338 | 0.02 | 0.0000 |
| 47 | C13H16 | 35.06 | 1346 | 0.02 | 0.0001 |
| 48 | C10H18O | 35.07 | 1346 | 0.02 | 0.0001 |
| 49 | C10H18O2 | 36.19 | 1366 | 0.04 | 0.0001 |
| 50 | C11H20O | 36.38 | 1369 | 0.05 | 0.0002 |
| 51 | C12H22O4 | 37.05 | 1381 | 0.19 | 0.0005 |
| 52 | C10H20O2 | 37.75 | 1393 | 0.12 | 0.0003 |
| 53 | C14H30 | 38.26 | 1403 | 0.05 | 0.0001 |
| 54 | C13H26O | 38.47 | 1408 | 0.04 | 0.0001 |
| 55 | C12H24O | 38.59 | 1411 | 0.02 | 0.0001 |
| 56 | C13H18O | 39.25 | 1428 | 0.04 | 0.0001 |
| 57 | C13H22O | 40.35 | 1455 | 0.09 | 0.0003 |
| 58 | C16H34 | 40.79 | 1466 | 0.03 | 0.0001 |
| 59 | C13H20O2 | 40.82 | 1467 | 0.02 | 0.0001 |
| 60 | C13H20O | 41.39 | 1482 | 0.50 | 0.0014 |
| 61 | C17H36 | 42.04 | 1498 | 0.07 | 0.0002 |
| 62 | C15H32 | 42.22 | 1502 | 0.14 | 0.0004 |
| 63 | C15H24O | 42.51 | 1509 | 0.01 | 0.0000 |
| 64 | C13H26O | 42.60 | 1511 | 0.04 | 0.0001 |
| 65 | C11H18O2 | 42.75 | 1514 | 0.04 | 0.0001 |
| 66 | C11H16O2 | 42.96 | 1519 | 0.08 | 0.0002 |
| 67 | C13H20O | 43.35 | 1528 | 0.02 | 0.0001 |
| 68 | C12H24O2 | 46.02 | 1589 | 1.00 | 0.0029 |
| 69 | C16H32 | 46.30 | 1595 | 0.03 | 0.0001 |
| 70 | C16H34 | 46.60 | 1602 | 0.03 | 0.0001 |
| 71 | C14H28O | 47.03 | 1616 | 0.09 | 0.0003 |
| 72 | C17H34 | 48.05 | 1647 | 0.04 | 0.0001 |
| 73 | C12H27O4P | 48.62 | 1664 | 0.04 | 0.0001 |
| 74 |  | 49.04 | 1677 | 0.12 | 0.0003 |
| 75 | C13H26O2 | 49.12 | 1680 | 0.13 | 0.0004 |
| 76 | C14H30O | 49.18 | 1682 | 0.09 | 0.0003 |
| 77 | C18H36 | 49.65 | 1696 | 0.13 | 0.0004 |
| 78 | C17H36 | 49.86 | 1703 | 0.62 | 0.0018 |
| 79 | C15H22O2 | 50.00 | 1707 | 0.07 | 0.0002 |
| 80 | C15H30O | 50.22 | 1714 | 0.33 | 0.0009 |
| 81 | C16H34O | 50.85 | 1735 | 0.08 | 0.0002 |
| 82 | C14H28O2 | 52.56 | 1791 | 6.60 | 0.0189 |
| 83 |  | 52.96 | 1804 | 0.06 | 0.0002 |
| 84 | C16H32O | 53.55 | 1828 | 0.08 | 0.0002 |
| 85 |  | 53.97 | 1845 | 0.08 | 0.0002 |
| 86 | C15H30O2 | 54.16 | 1852 | 0.35 | 0.0010 |
| 87 | C18H36O | 54.37 | 1861 | 1.25 | 0.0036 |
| 88 | C15H28O2 | 54.6 | 1870 | 0.11 | 0.0003 |
| 89 | C16H22O4 | 54.78 | 1877 | 0.13 | 0.0004 |
| 90 | C15H30O2 | 54.97 | 1885 | 0.40 | 0.0011 |
| 91 | C16H34O | 55.08 | 1889 | 0.12 | 0.0004 |
| 92 |  | 55.22 | 1895 | 0.11 | 0.0003 |
| 93 | C19H40 | 55.40 | 1904 | 0.09 | 0.0003 |
| 94 | C18H30O | 55.65 | 1924 | 0.33 | 0.0009 |
| 95 | C16H30O2 | 56.00 | 1951 | 0.85 | 0.0024 |
| 96 | C20H40O | 56.06 | 1956 | 0.48 | 0.0014 |
| 97 | C16H30O2 | 56.24 | 1970 | 10.22 | 0.0293 |
| 98 | C16H32O2 | 56.58 | 1997 | 10.51 | 0.0302 |
| 99 | C20H42 | 56.66 | 2005 | 0.18 | 0.0005 |
| 100 | C18H36O | 56.87 | 2027 | 0.11 | 0.0003 |
| 101 | C20H34O | 56.95 | 2036 | 0.04 | 0.0001 |
| 102 | C17H32O2 | 57.09 | 2051 | 0.11 | 0.0003 |
| 103 | C17H32O2 | 57.14 | 2056 | 0.15 | 0.0004 |
| 104 | C11H13NO3 | 57.33 | 2076 | 0.20 | 0.0006 |
| 105 | C21H44 | 57.59 | 2105 | 1.53 | 0.0044 |
| 106 | C15H27NO | 57.66 | 2114 | 0.52 | 0.0015 |
| 107 | C20H40O | 57.72 | 2122 | 2.45 | 0.0070 |
| 108 | C18H32O2 | 58.03 | 2162 | 12.91 | 0.0371 |
| 109 | C18H30O2 | 58.07 | 2168 | 4.67 | 0.0134 |
| 110 | C18H36O2 | 58.17 | 2181 | 0.13 | 0.0004 |
| 111 | C19H32O2 | 58.24 | 2190 | 0.17 | 0.0005 |
| 112 | C22H46 | 58.35 | 2204 | 0.54 | 0.0016 |
| 113 | C22H42O2 | 58.51 | 2228 | 2.35 | 0.0068 |
| 114 | C13H24N2O | 58.69 | 2255 | 0.05 | 0.0001 |
| 115 | C23H46 | 58.85 | 2279 | 0.10 | 0.0003 |
| 116 | C23H48 | 59.06 | 2311 | 13.40 | 0.0385 |
| 117 | C21H40O2 | 59.38 | 2363 | 0.12 | 0.0003 |
| 118 | C24H50 | 59.65 | 2406 | 2.28 | 0.0065 |
| 119 | C25H50 | 60.16 | 2479 | 0.22 | 0.0006 |
| 120 | C25H52 | 60.40 | 2510 | 11.02 | 0.0316 |
| 121 | C24H38O4 | 60.80 | 2556 | 0.40 | 0.0011 |
| 122 | C26H54 | 61.22 | 2604 | 0.45 | 0.0013 |
| 123 | C27H56 | 62.34 | 2706 | 2.77 | 0.0080 |
| 124 | C28H58 | 63.73 | 2804 | 0.10 | 0.0003 |
| 125 | C30H50 | 64.23 | 2832 | 0.04 | 0.0001 |
| 126 | C29H60 | 65.57 | 2905 | 0.41 | 0.0012 |
|  | **Итого** |  |  | **100.00** | **0.2871** |

Преобладающими группами в эфирном масле урути колосистой данного образца являются жирные кислоты (44.87%), углеводороды (34.64%), относительное содержание других классов не превышает 10% от цельного эфирного масла. (табл.14).

Такое высокое содержание жирных кислот обусловлено нахождением в пробе гексадекановой кислоты (10.51%) и ее изомера Z-11 (10.22%), а также 9,12-октадекановой кислоты с относительным содержанием 12.91%.

Широко представлен класс углеводородов: от нонана до нонакозана, среди которых наибольшим относительным содержанием обладает пентакозан (11.02%).

Таблица 14. Сравнительное содержание (% по отношению к цельному эфирному маслу) основных групп веществ в образце *M. spicatum L.,*   
озеро Узкое (2015 г.)

|  |  |
| --- | --- |
| Спирты | 3.75 |
| Альдегиды | 2.52 |
| Полифункциональные соединения | 0.30 |
| Углеводороды | 34.64 |
| Кетоны | 2.98 |
| Ароматические углеводороды | 0.70 |
| Эфиры | 4.39 |
| Карбоновые (жирные) кислоты | 49.54 |
| Фосфорсодержащие соединения | 0.04 |
| Азотосодержащие соединения | 0.77 |
| Не идентифицированные | 0.37 |

По результатам проведенного хромато-масс-спектрометрического анализа эфирного масла *Myriophyllum spicatum L*. (рис.10), произраставшего в озере Узком (2016 г.), было выявлено 121 НОС, из которых 4 не идентифицировано (RT=48.95, RT=52.83, RT=53.82, RT=55.16) (табл. 15).



Рис.10. Общий вид масс-спектрограммы эфирного масла урути колосистой, озеро Узкое (2016 г.)

Результаты анализа компонентного состава НОС эфирного масла *M. spicatum* из озера Узкого (2016 г.) свидетельствуют о наличии большого количества соединений, принадлежащих к различным классам (табл.15 и табл.16).

В пробе обнаружено 13 мажорных веществ, имеющих относительное содержание в пробе более 1%: 6,10,14-триметил-2-пентадеканон, гексадекановая кислота и ее изомеры, дибутилфталат, фитол, 9,12-октадекановая кислота, трикозан, пентакозан и др.

Таблица 15. Компонентный состав эфирного масла из *M. spicatum*   
(01/11/2016, озеро Узкое)   
(RT – время удерживания, мин; RI – индекс удерживания;   
% – доля вещества в эфирном масле;   
Сср – концентрация вещества в сухом растении, мг/г)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Формула** | **RT** | **RI** | **%** | **Сср, мг/г** |
| 1 | C9H14 | 4.26 | 843 | 0.07 | 0.0004 |
| 2 | C6H12O | 4.57 | 854 | 0.05 | 0.0003 |
| 3 | C9H16 | 4.67 | 858 | 0.02 | 0.0001 |
| 4 | C8H12 | 5.31 | 882 | 0.04 | 0.0002 |
| 5 | C10H22 | 5.45 | 887 | 0.04 | 0.0002 |
| 6 | C9H20 | 6.03 | 905 | 0.16 | 0.0010 |
| 7 | C7H14O | 6.11 | 906 | 0.14 | 0.0009 |
| 8 | C7H16O | 6.19 | 908 | 0.05 | 0.0003 |
| 9 | C8H10O | 6.81 | 922 | 0.06 | 0.0004 |
| 10 | C8H10O | 7.39 | 934 | 0.05 | 0.0003 |
| 11 | C7H6O | 8.40 | 956 | 0.06 | 0.0003 |
| 12 | C8H16O | 8.42 | 956 | 0.01 | 0.0001 |
| 13 | C11H24 | 8.48 | 958 | 0.04 | 0.0003 |
| 14 | C12H26 | 9.07 | 971 | 0.03 | 0.0002 |
| 15 | C7H16O | 9.35 | 977 | 0.02 | 0.0001 |
| 16 | C8H16O | 9.70 | 984 | 0.01 | 0.0001 |
| 17 | C9H18O | 9.94 | 989 | 0.05 | 0.0003 |
| 18 | C9H14O | 10.11 | 993 | 0.55 | 0.0033 |
| 19 | C7H10O | 10.46 | 1000 | 0.03 | 0.0002 |
| 20 | C9H12O | 10.63 | 1003 | 0.37 | 0.0023 |
| 21 | C8H16O | 10.79 | 1006 | 0.06 | 0.0004 |
| 22 | C7H10O | 11.14 | 1011 | 0.06 | 0.0004 |
| 23 | C13H28 | 11.91 | 1024 | 0.04 | 0.0002 |
| 24 | C9H16O | 12.21 | 1029 | 0.05 | 0.0003 |
| 25 | C8H8O | 12.82 | 1039 | 0.05 | 0.0003 |
| 26 | C6H8O4 | 13.19 | 1045 | 0.05 | 0.0003 |
| 27 | C9H14O | 13.71 | 1053 | 0.07 | 0.0004 |
| 28 | C8H14O | 13.93 | 1057 | 0.06 | 0.0004 |
| 29 | C8H8O | 14.18 | 1061 | 0.03 | 0.0002 |
| 30 | C8H12O | 14.86 | 1072 | 0.08 | 0.0005 |
| 31 | C8H18O | 15.09 | 1075 | 0.04 | 0.0002 |
| 32 | C9H18O | 17.03 | 1102 | 0.25 | 0.0015 |
| 33 | C9H10O | 20.38 | 1145 | 0.22 | 0.0013 |
| 34 | C9H14O | 20.85 | 1151 | 0.06 | 0.0004 |
| 35 | C9H16O | 21.42 | 1159 | 0.08 | 0.0005 |
| 36 | C10H14O | 23.94 | 1191 | 0.09 | 0.0005 |
| 37 | C8H16O2 | 24.59 | 1199 | 0.25 | 0.0015 |
| 38 | C10H20O | 25.08 | 1206 | 0.05 | 0.0003 |
| 39 | C10H16O | 25.48 | 1211 | 0.07 | 0.0004 |
| 40 | C10H18O | 29.06 | 1257 | 0.03 | 0.0002 |
| 41 | C9H12O | 30.24 | 1272 | 0.08 | 0.0005 |
| 42 | C9H18O2 | 32.06 | 1295 | 0.45 | 0.0027 |
| 43 | C9H10O2 | 32.96 | 1309 | 0.16 | 0.0010 |
| 44 | C10H16O | 33.36 | 1316 | 0.02 | 0.0001 |
| 45 | C13H16 | 34.88 | 1343 | 0.02 | 0.0001 |
| 46 | C13H16 | 35.06 | 1346 | 0.02 | 0.0001 |
| 47 | C10H18O2 | 36.14 | 1365 | 0.01 | 0.0001 |
| 48 | C11H20O | 36.27 | 1367 | 0.05 | 0.0003 |
| 49 | C12H22O4 | 36.92 | 1378 | 0.20 | 0.0012 |
| 50 | C10H20O2 | 37.5 | 1388 | 0.12 | 0.0007 |
| 51 | C14H30 | 38.14 | 1400 | 0.03 | 0.0002 |
| 52 | C13H26O | 38.36 | 1405 | 0.03 | 0.0002 |
| 53 | C12H24O | 38.48 | 1408 | 0.02 | 0.0001 |
| 54 | C13H18O | 39.15 | 1425 | 0.11 | 0.0007 |
| 55 | C13H22O | 40.26 | 1453 | 0.13 | 0.0008 |
| 56 | C16H34O | 40.67 | 1463 | 0.04 | 0.0003 |
| 57 | C13H20O | 41.29 | 1479 | 0.41 | 0.0025 |
| 58 | C17H36 | 41.93 | 1495 | 0.04 | 0.0002 |
| 59 | C15H32 | 42.1 | 1500 | 0.12 | 0.0007 |
| 60 | C13H26O | 42.48 | 1508 | 0.05 | 0.0003 |
| 61 | C11H18O2 | 42.65 | 1512 | 0.08 | 0.0005 |
| 62 | C11H16O2 | 42.86 | 1517 | 0.13 | 0.0008 |
| 63 | C13H20O | 43.18 | 1524 | 0.01 | 0.0001 |
| 64 | C12H24O2 | 45.8 | 1584 | 0.93 | 0.0056 |
| 65 | C16H32 | 46.17 | 1592 | 0.06 | 0.0004 |
| 66 | C14H28O | 46.91 | 1612 | 0.11 | 0.0007 |
| 67 | C17H34 | 47.94 | 1644 | 0.04 | 0.0002 |
| 68 | C12H27O4P | 48.53 | 1662 | 0.06 | 0.0003 |
| 69 |  | 48.95 | 1675 | 0.15 | 0.0009 |
| 70 | C14H30O | 49.09 | 1679 | 0.10 | 0.0006 |
| 71 | C17H36 | 49.77 | 1700 | 0.46 | 0.0028 |
| 72 | C15H22O2 | 49.89 | 1704 | 0.00 | 0.0000 |
| 73 | C15H30O | 50.13 | 1711 | 0.28 | 0.0017 |
| 74 | C14H28O2 | 50.3 | 1717 | 5.30 | 0.0321 |
| 75 | C16H34O | 50.74 | 1731 | 0.07 | 0.0004 |
| 76 | C14H10 | 51.13 | 1744 | 0.14 | 0.0008 |
| 77 |  | 52.83 | 1799 | 0.03 | 0.0002 |
| 78 | C16H32O | 53.41 | 1822 | 0.05 | 0.0003 |
| 79 |  | 53.82 | 1839 | 0.06 | 0.0004 |
| 80 | C15H30O2 | 54.03 | 1847 | 0.10 | 0.0006 |
| 81 | C20H38 | 54.12 | 1851 | 0.12 | 0.0008 |
| 82 | C18H36O | 54.28 | 1857 | 1.27 | 0.0077 |
| 83 | C15H28O2 | 54.49 | 1866 | 0.05 | 0.0003 |
| 84 | C16H22O4 | 54.71 | 1874 | 0.08 | 0.0005 |
| 85 | C15H30O2 | 54.86 | 1880 | 0.30 | 0.0018 |
| 86 | C16H34O | 55.02 | 1887 | 0.10 | 0.0006 |
| 87 |  | 55.16 | 1892 | 0.09 | 0.0005 |
| 88 | C19H40 | 55.35 | 1900 | 0.08 | 0.0005 |
| 89 | C18H30O | 55.59 | 1919 | 0.40 | 0.0024 |
| 90 | C20H40O | 56.02 | 1953 | 0.64 | 0.0039 |
| 91 | C16H30O2 | 56.25 | 1971 | 11.33 | 0.0686 |
| 92 | C16H32O2 | 56.51 | 1991 | 9.38 | 0.0568 |
| 93 | C20H42 | 56.63 | 2001 | 0.10 | 0.0006 |
| 94 | C18H36O | 56.84 | 2024 | 0.08 | 0.0005 |
| 95 | C20H34O | 56.9 | 2030 | 0.03 | 0.0002 |
| 96 | C17H32O2 | 57.05 | 2046 | 0.08 | 0.0005 |
| 97 | C17H32O2 | 57.1 | 2052 | 0.25 | 0.0015 |
| 98 | C11H13NO3 | 57.3 | 2073 | 0.17 | 0.0010 |
| 99 | C21H44 | 57.55 | 2100 | 1.04 | 0.0063 |
| 100 | C15H27NO | 57.62 | 2109 | 0.56 | 0.0034 |
| 101 | C20H40O | 57.69 | 2118 | 4.29 | 0.0260 |
| 102 | C18H32O2 | 58.04 | 2164 | 16.91 | 0.1024 |
| 103 | C18H30O2 | 58.08 | 2169 | 7.42 | 0.0450 |
| 104 | C18H36O2 | 58.16 | 2179 | 0.06 | 0.0003 |
| 105 | C19H32O2 | 58.21 | 2186 | 0.10 | 0.0006 |
| 106 | C22H46 | 58.32 | 2200 | 0.41 | 0.0025 |
| 107 | C22H42O2 | 58.49 | 2225 | 3.51 | 0.0213 |
| 108 | C13H24N2O | 58.67 | 2252 | 0.09 | 0.0006 |
| 109 | C23H46 | 58.82 | 2274 | 0.10 | 0.0006 |
| 110 | C23H48 | 59.02 | 2305 | 10.09 | 0.0611 |
| 111 | C21H40O2 | 59.35 | 2358 | 0.10 | 0.0006 |
| 112 | C24H50 | 59.61 | 2400 | 2.10 | 0.0127 |
| 113 | C25H50 | 60.12 | 2473 | 0.25 | 0.0015 |
| 114 | C25H52 | 60.35 | 2504 | 10.27 | 0.0622 |
| 115 | C24H38O4 | 60.76 | 2552 | 0.42 | 0.0025 |
| 116 | C26H54 | 61.17 | 2599 | 0.37 | 0.0022 |
| 117 | C27H56 | 62.27 | 2701 | 2.70 | 0.0164 |
| 118 | C33H56 | 63.07 | 2758 | 0.21 | 0.0013 |
| 119 | C28H58 | 63.65 | 2800 | 0.08 | 0.0005 |
| 120 | C30H50 | 64.13 | 2827 | 0.04 | 0.0002 |
| 121 | C29H60 | 65.45 | 2900 | 0.49 | 0.0030 |
|  |  |  |  | **100.00** | **0.6058** |

Преобладающими группами в эфирном масле урути колосистой данного образца являются жирные кислоты (52.93%), углеводороды (29.54%), относительное содержание других классов не превышает 6% от цельного эфирного масла. (табл.16).

Такое высокое содержание жирных кислот обусловлено нахождением в пробе гексадекановой кислоты (9.38%) и ее изомера Z-11 (11.33%), а также 9,12-октадекановой кислоты с относительным содержанием 16.91% и 9,12,15-октадекатриекановой кислотой (7.42%). В целом, относительное содержание карбоновых кислот возросло на 3% по сравнению с пробой 2015 года, а вот доля углеводородов уменьшилась на 5%. Изменение количества в других группа веществ не столь значительны. Также можно заметить, что вещества, не идентифицированные в 2015 году, по всей видимости, являются теме же не идентифицированными веществами из пробы 2016 года.

Таблица 16. Сравнительное содержание (% по отношению к цельному эфирному маслу) основных групп веществ в образце *M. spicatum L.,*   
озеро Узкое (2016 г.)

|  |  |
| --- | --- |
| Спирты | 5.37 |
| Альдегиды | 1.91 |
| Полифункциональные соединения | 0.45 |
| Углеводороды | 29.54 |
| Кетоны | 2.89 |
| Ароматические углеводороды | 0.38 |
| Эфиры | 5.32 |
| Карбоновые (жирные) кислоты | 52.93 |
| Фосфорсодержащие соединения | 0.06 |
| Азотосодержащие соединения | 0.82 |
| Не идентифицированные | 0.33 |

## **4.7. Компонентный состав урути колосистой, произраставшей в озере Нарочь**

По результатам проведенного хромато-масс-спектрометрического анализа эфирного масла *Myriophyllum spicatum L*. (рис.11), произраставшего в озере Нарочь, было выявлено 106 НОС, из которых 8 не идентифицированы (RT=16.31, RT=43.30, RT=48.96, RT=52.45, RT=56.56, RT=57.48, RT=58.10, RT=58.37) (табл.).



Рис.11. Общий вид масс-спектрограммы эфирного масла урути колосистой, озеро Нарочь.

Результаты анализа компонентного состава НОС эфирного масла *M. spicatum* из озера Нарочь говорят о наличии большого количества соединений, принадлежащих к различным классам (табл.17 и табл.18).

В пробе обнаружено 21 мажорное вещество, имеющих относительное содержание в пробе более 1%: 2-пентилфуран, тетрадеканаль, гептадекан, пентадеканаль, тетрадекановая кислота, пентадекановая кислота, 6,10,14-триметил-2-пентадеканон, 5,8,11-гептадекатриен-1-ол, цис-цис-цис-7,10,13-гексадекатриеналь, гексадекановая кислота, фитол, 9,12-октадекановая кислота, трикозан, пентакозан и др.

Таблица 17. Компонентный состав эфирного масла из *M. spicatum*   
(16/11/2016, озеро Нарочь)   
(RT – время удерживания, мин; RI – индекс удерживания;   
% – доля вещества в эфирном масле;   
Сср – концентрация вещества в сухом растении, мг/г)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Формула** | **RT** | **RI** | **%** | **Сср, мг/г** |
| 1 | C9H16 | 4.53 | 853 | 0.06 | 0.0002 |
| 2 | C9H14 | 4.11 | 838 | 0.11 | 0.0003 |
| 3 | C6H12O | 4.42 | 849 | 0.45 | 0.0012 |
| 4 | C7H14O | 5.66 | 894 | 0.14 | 0.0004 |
| 5 | C7H14O | 5.99 | 904 | 0.82 | 0.0021 |
| 6 | C8H10O | 6.69 | 919 | 0.09 | 0.0002 |
| 7 | C3H4S2 | 7.82 | 944 | 0.05 | 0.0001 |
| 8 | C8H16O | 8.31 | 954 | 0.19 | 0.0005 |
| 9 | C10H20 | 9.48 | 979 | 0.10 | 0.0003 |
| 10 | C8H16O | 9.61 | 982 | 0.05 | 0.0001 |
| 11 | C8H14O2 | 9.86 | 988 | 0.14 | 0.0004 |
| 12 | C9H14O | 10.03 | 991 | 1.17 | 0.0030 |
| 13 | C8H16O | 10.14 | 994 | 0.14 | 0.0004 |
| 14 | C9H12O | 10.54 | 1002 | 0.41 | 0.0011 |
| 15 | C8H16O | 10.7 | 1004 | 0.21 | 0.0005 |
| 16 | C7H10O | 11.09 | 1011 | 0.16 | 0.0004 |
| 17 | C7H14OS | 11.46 | 1017 | 0.06 | 0.0002 |
| 18 | C9H16O | 12.15 | 1028 | 0.20 | 0.0005 |
| 19 | C6H12N2 | 13.67 | 1052 | 0.07 | 0.0002 |
| 20 | C8H14O | 13.94 | 1057 | 0.25 | 0.0006 |
| 21 | C9H12 | 14.19 | 1061 | 0.15 | 0.0004 |
| 22 | C8H12O | 14.91 | 1072 | 0.31 | 0.0008 |
| 23 |  | 16.31 | 1095 | 0.15 | 0.0004 |
| 24 | C9H18O | 17.07 | 1103 | 0.34 | 0.0009 |
| 25 | C9H14O | 20.95 | 1153 | 0.48 | 0.0013 |
| 26 | C9H16O | 21.46 | 1159 | 0.60 | 0.0016 |
| 27 | C10H20O | 25.14 | 1206 | 0.20 | 0.0005 |
| 28 | C10H16O | 25.5 | 1211 | 0.19 | 0.0005 |
| 29 | C10H16 | 27.55 | 1237 | 0.06 | 0.0002 |
| 30 | C11H18O | 28.17 | 1245 | 0.08 | 0.0002 |
| 31 | C11H20O | 33.03 | 1310 | 0.28 | 0.0007 |
| 32 | C10H16O | 33.44 | 1318 | 0.04 | 0.0001 |
| 33 | C12H24O3 | 35.12 | 1347 | 0.06 | 0.0002 |
| 34 | C12H24O3 | 36.43 | 1370 | 0.17 | 0.0004 |
| 35 | C14H30 | 38.18 | 1401 | 0.19 | 0.0005 |
| 36 | C13H26O | 38.41 | 1406 | 0.05 | 0.0001 |
| 37 | C12H24O | 38.53 | 1409 | 0.07 | 0.0002 |
| 38 | C12H20O2 | 38.73 | 1414 | 0.07 | 0.0002 |
| 39 | C13H20O | 39.06 | 1423 | 0.04 | 0.0001 |
| 40 | C13H22O | 40.31 | 1454 | 0.33 | 0.0009 |
| 41 | C16H34 | 40.70 | 1464 | 0.04 | 0.0001 |
| 42 | C15H24O2 | 41.01 | 1472 | 0.05 | 0.0001 |
| 43 | C13H20O | 41.34 | 1480 | 1.94 | 0.0050 |
| 44 | C13H26O | 41.99 | 1497 | 0.10 | 0.0003 |
| 45 | C15H32 | 42.14 | 1500 | 0.30 | 0.0008 |
| 46 | C13H26O | 42.53 | 1509 | 0.32 | 0.0008 |
| 47 | C11H18O2 | 42.7 | 1513 | 0.42 | 0.0011 |
| 48 | C11H16O2 | 42.91 | 1518 | 0.28 | 0.0007 |
| 49 |  | 43.30 | 1527 | 0.06 | 0.0002 |
| 50 | C16H32 | 46.22 | 1593 | 0.39 | 0.0010 |
| 51 | C16H34 | 46.52 | 1600 | 0.09 | 0.0002 |
| 52 | C14H28O | 46.97 | 1614 | 1.08 | 0.0028 |
| 53 | C12H27O4P | 48.54 | 1662 | 0.45 | 0.0012 |
| 54 |  | 48.96 | 1675 | 0.14 | 0.0004 |
| 55 | C14H30O | 49.13 | 1680 | 0.89 | 0.0023 |
| 56 | C17H34 | 49.36 | 1687 | 0.42 | 0.0011 |
| 57 | C14H30O | 49.58 | 1694 | 0.49 | 0.0013 |
| 58 | C17H36 | 49.79 | 1700 | 2.41 | 0.0063 |
| 59 | C15H30O | 50.16 | 1712 | 2.54 | 0.0066 |
| 60 | C14H10 | 51.19 | 1746 | 0.22 | 0.0006 |
| 61 | C14H28O2 | 52.05 | 1774 | 3.41 | 0.0089 |
| 62 |  | 52.45 | 1787 | 0.14 | 0.0004 |
| 63 | C18H36 | 52.6 | 1792 | 0.13 | 0.0003 |
| 64 | C18H38 | 52.87 | 1801 | 0.17 | 0.0004 |
| 65 | C16H32O | 53.46 | 1824 | 0.08 | 0.0002 |
| 66 | C18H36O | 54.31 | 1858 | 3.12 | 0.0081 |
| 67 | C16H32O | 54.6 | 1870 | 0.19 | 0.0005 |
| 68 | C16H22O4 | 54.74 | 1876 | 0.44 | 0.0011 |
| 69 | C16H34O | 55.04 | 1888 | 0.36 | 0.0009 |
| 70 | C17H30O | 55.09 | 1890 | 1.63 | 0.0042 |
| 71 | C16H26O | 55.19 | 1894 | 2.06 | 0.0054 |
| 72 | C19H38 | 55.25 | 1896 | 0.18 | 0.0005 |
| 73 | C19H40 | 55.37 | 1902 | 0.42 | 0.0011 |
| 74 | C18H30O | 55.62 | 1921 | 0.82 | 0.0021 |
| 75 | C16H30O2 | 56.12 | 1961 | 6.72 | 0.0175 |
| 76 | C16H22O4 | 56.18 | 1965 | 0.96 | 0.0025 |
| 77 | C16H32O2 | 56.34 | 1978 | 3.42 | 0.0089 |
| 78 |  | 56.56 | 1995 | 1.28 | 0.0033 |
| 79 | C20H42 | 56.63 | 2001 | 0.28 | 0.0007 |
| 80 | C16H26O3 | 56.8 | 2020 | 0.09 | 0.0002 |
| 81 | C20H34O | 56.91 | 2031 | 0.09 | 0.0002 |
| 82 | C16H10 | 57.02 | 2043 | 0.21 | 0.0005 |
| 83 | C19H30O2 | 57.07 | 2048 | 0.35 | 0.0009 |
| 84 | C11H13NO3 | 57.27 | 2070 | 0.24 | 0.0006 |
| 85 | C16H28O2 | 57.35 | 2079 | 0.11 | 0.0003 |
| 86 |  | 57.48 | 2092 | 0.41 | 0.0011 |
| 87 | C21H44 | 57.58 | 2104 | 1.19 | 0.0031 |
| 88 | C20H40O | 57.69 | 2118 | 16.03 | 0.0417 |
| 89 | C18H32O2 | 57.87 | 2142 | 1.49 | 0.0039 |
| 90 | C19H34O2 | 57.92 | 2148 | 2.47 | 0.0064 |
| 91 |  | 58.1 | 2172 | 0.26 | 0.0007 |
| 92 | C22H46 | 58.33 | 2201 | 0.63 | 0.0016 |
| 93 |  | 58.37 | 2207 | 0.47 | 0.0012 |
| 94 | C22H42O2 | 58.48 | 2224 | 2.61 | 0.0068 |
| 95 | C20H34O | 58.59 | 2240 | 0.30 | 0.0008 |
| 96 | C23H48 | 59 | 2302 | 6.05 | 0.0157 |
| 97 | C22H44 | 59.3 | 2350 | 0.20 | 0.0005 |
| 98 | C21H40O2 | 59.36 | 2360 | 0.26 | 0.0007 |
| 99 | C24H50 | 59.61 | 2400 | 2.93 | 0.0076 |
| 100 | C20H28O3 | 59.93 | 2446 | 0.08 | 0.0002 |
| 101 | C25H52 | 60.34 | 2503 | 13.14 | 0.0342 |
| 102 | C24H38O4 | 60.77 | 2553 | 0.81 | 0.0021 |
| 103 | C26H54 | 61.18 | 2600 | 0.61 | 0.0016 |
| 104 | C27H56 | 62.27 | 2701 | 1.41 | 0.0037 |
| 105 | C30H50 | 64.18 | 2829 | 0.15 | 0.0004 |
| 106 | C29H60 | 65.48 | 2901 | 0.25 | 0.0007 |
|  | **Итого** |  |  | **100.00** | **0.2604** |

Преобладающими группами в эфирном масле урути колосистой данного образца являются углеводороды (31.91%), спирты (20.91%) и жирные кислоты (15.04%) (табл.18).

По относительному содержанию к цельному эфирному маслу треть занимают углеводороды. Наибольшим сравнительным содержанием обладают такие соединения как пентакозан (13.14%) и тетракозан (2.93%), что составляет половину от общего числа соединений в группе.

В данной пробе также идентифицированы серосодержащие соединения (3H-1,2-дитеуол), азотсодержащие (например, 1H-пиразол, 4,5-дигидро-5-пропил) и фосфорсодержащие (трибутилфосфат).

Стоить отметить идентификацию такого соединения как пирен (RT=57.02, 0.21%). Это вещество является полициклическими ароматическим углеводородом, которое образуется в результате различных процессов горения. Известно, что пирен раздражает кожу, дыхательные пути и глаза (Клар, 1971).

Отдельного внимания заслуживает идентификация в пробе ювабиона. Данное вещество является структурным аналогом ювенильного гормона насекомых, но выделяется растением для защиты от вредителей (насекомых и грибов) (URL 2).

Таблица 18. Сравнительное содержание (% по отношению к цельному эфирному маслу) основных групп веществ в образце *M. spicatum L.,* озеро Нарочь.

|  |  |
| --- | --- |
| Спирты | 20.91 |
| Альдегиды | 9.94 |
| Полифункциональные соединения | 0.45 |
| Углеводороды | 31.91 |
| Кетоны | 7.91 |
| Ароматические углеводороды | 0.58 |
| Эфиры | 9.48 |
| Карбоновые (жирные) кислоты | 15.04 |
| Фосфорсодержащие соединения | 0.45 |
| Азотосодержащие соединения | 0.31 |
| Серосодержащие соединения | 0.11 |
| Не идентифицированное | 2.91 |

**Глава 5. Сравнительная характеристика метаболитного состава эфирного масла *M. spicatum* из водоемов различных географических регионов**

Был произведен сравнительный анализ хромато-масс-спектрограмм и компонентного состава эфирных масел урути колосистой, произраставшей в озеро Макаркино (Астраханская область), ерик Казачий (г. Астрахань), Черное море (п. Сергеевка), лиман Днестровский (станция отбора №1 и №2), Щучий залив Ладожского озера (Ленинградская область), озеро Узкое (пробы 2015 и 2016 гг.), озеро Нарочь (Республика Беларусь). На рисунках - представлены сравнения нескольких масс-спектрограмм.

Определяющими веществами, относительная доля которых в пробах составляет более 1%, являются 6 соединений: фитол, пентакозан, гексадекановая кислота и ее изомеры, 2-пентадеканон, 6,10,14-триметил, дибутилфталат (не идентифицирован в пробе из оз. Узкого) и тетрадекановая кислота (не обнаружена в пробе из ерика Казачьего) (табл. 19).

Дибутилфталат имеет наибольшую концентрацию в образце из ерика Казачьего с относительным содержанием в эфирном масле 9.37%. Известно, что фталаты являются загрязнителями окружающей среды, но их обнаружение в эфирном масле *M. spicatum* говорит о том, что данные соединения могут иметь природный характер и выполнять защитные функции.

Первое и второе место по значимости в каждом образце занимает гексадекановая кислота и ее изомер (Z-11) с относительной концентрацией от 9.28% (Щучий залив) и до 49.10% (ерик Казачий). Эта кислота играет важную роль в аллелопатических взаимодействиях и имеет защитную функцию (Курашов и др., 2013в). Такое высокое содержание гексадекановой кислоты в образце из ерика Казачьего можно связать с тем, что ерик – это река, протекающая в черте города Астрахань, из чего следует, что на ерик накладывается достаточно большая антропогенная нагрузка. Возможно, что столь высокое содержание гексадекановой кислоты в образце говорит о её защитной функции.

Интересно, что можно увидеть различия у образцов из Днестровского лимана по содержанию той же гексадекановой кислоты. Это может быть связано с тем, что станция отбора №1 находилась в протоке, впадающем в лиман, а станция №2 непосредственно в лимане, а также растения произрастали на разной глубине.

Таблица 19. Относительное содержание (%) мажорных компонентов   
*M. spicatum* в разных местообитаниях.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вещество/ Относительное содержание вещества, % | Оз.Макаркино | Ерик Казачий | Черное море | Днестровский лиман ст.№1 | Днестровский лиман ст.№2 | Щучий залив | Оз. Нарочь | Оз.Узкое (2015) | Оз.Узкое (2016) |
| Фитол | 3.6 | 1.5 | 1.9 | 1.9 | 1.1 | 11.5 | 16.0 | 2.4 | 4.3 |
| Пентакозан | 9.1 | 2.6 | 5.4 | 4.8 | 2.9 | 4.6 | 13.1 | 11.7 | 10.3 |
| Гексадекановая кислота и ее изомеры | 20.8 | 49.1 | 35.2 | 33.3 | 25.5 | 9.3 | 10.1 | 21.7 | 20.7 |
| 2-пентадеканон, 6,10,14-триметил | 3.9 | 2.1 | 1.5 | 3.0 | 2.5 | 4.4 | 3.1 | 1.3 | 1.3 |
| Тетрадекановая кислота | 6.6 | - | 17.8 | 12.9 | 18.5 | 4.1 | 3.4 | 6.4 | 5.3 |
| Дибутилфталат | 3.1 | 9.4 | 8.9 | 6.6 | 0.2 | 2.9 | 0.9 | - | - |

Для более полного сравнения метаболитного состава урути колосистой по различным местообитаниям был подсчитан коэффициент сходства Жаккара, оценивающий степень сходства компонентного состава НОС *M. spicatum* по присутствию/отсутствию соединений в эфирном масле из озера Макаркино, ерика Казачьего, Черного моря, Днестровского лимана (2 образца), Щучьего залива Ладожского озера, озера Узкого (2015-2016 г.), озера Нарочь. Значения коэффициента изменяются в интервале от 0 до 1, увеличиваясь по мере увеличения сходства, и рассчитывается по формуле:

J = где

с – число общих соединений для 2-х проб;

a – соединения, присутствующие в 1-й пробе;

b – соединения, присутствующие во 2-ой пробе;

1 сравнение – озеро Макаркино и ерик Казачий

В пробе из ерика Казачьего присутствует 33 НОС, в пробе оз. Макаркино – 100, из которых 24 веществ являются общими. Проба из ерика Казачьего характеризуется наличием 9 специфических соединений: 2-гексанол, гексаметил-циклотрислоксан, бензен, 1-метилфенил, не идентифицированное с RT=7.95, циклогексен, 1-метил-4-(1-метилфенил), додекан, пентадеканаль, цис, цис, цис – 7,10,13-гексадекатриеналь, биформен. В пробе оз. Макаркино присутствовало 77 специфических веществ. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 24 / (33+100-24) = 24/109= 0.22

Наравне с коэффициентом Жаккара в экологии часто используется коэффициент общности Съеренсена, рассчитывающийся по формуле:

QS = , где  
 с – количество общих веществ в 2-х пробах;  
 a – количество веществ в пробе 1;  
 b – количество веществ в пробе 2.

QS = 2\*24/100+33 =48/133=0.36.

2 сравнение – озеро Макаркино и Черное море

В пробе из озера Макаркино присутствует 100 НОС, в пробе из Черного моря – 87, из которых 68 веществ являются общими. Проба из озера Макаркино характеризуется наличием 32 специфических соединений (фурфурол, 3,3-диметил-6-метиленциклогексен, 2,5-диметил-гидрокси-3-гексанон, бензенацетатальдегид, камфора, 2,6-нонадиеналь, селинан, псевдоионон, β-удесмол, юнипер камфора, нонилфенол изомер, 4-нонилфенол, нонилфенол, 4-(2,2,3,3-тетраметилбутил)-фенол и др. В пробе из Черного моря присутствовало 19 специфических веществ (бензил бутилфталат, 1-бутил-2-изобутилфталат, пентадекановая кислота, α-лимонен, нонаналь, 2,6-нонадиеналь и др). Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 68 / (100+87-68) = 68/119 = 0.57, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*68/ (100+87) = 0.73.

3 сравнение –озеро Макаркино и Днестровский лиман ст.№1

В пробе из озера Макаркино присутствует 100 НОС, в пробе из Днестровского лимана ст. №1 – 78, из которых 57 веществ являются общими. Проба из озера Макаркино характеризуется наличием 43 специфических соединений. В пробе из Днестровского лимана ст.№1 присутствовало 21 специфическое вещество, из которых 3 не идентифицированы (RT=7.35, RT=16.88, RT=52.09), 2-гексанол, 4-(1-метилэтил)гептан, 1,4-диметилбензен, D-лимонен, 5,8,11-гептадекатриен-1-ол и другие. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 57 / (100+78-57) = 57/121 = 0.47, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*57/ (100+78) = 0.64.

4 сравнение – озеро Макаркино и Днестровский лиман ст.2

В пробе из озера Макаркино присутствует 100 НОС, в пробе из Днестровского лимана ст. №1 – 86, из которых 55 веществ являются общими. Проба из озера Макаркино характеризуется наличием 45 специфических соединений. В пробе из Днестровского лимана ст.№2 присутствовало 31 специфическое вещество, из которых 3 не идентифицированы (RT=3.48, RT=7.36, RT= 50.2), 2-метил-1-пентанол, 2-гексанол, 1,3,5-октатриен, D-лимонен, нонаналь, фталевая кислота, бутил-8-метилнонил эфир и др. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 55 / (100+86-55) = 55/131 = 0.42, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*55/ (100+86) = 0.59.

5 сравнение – ерик Казачий и Черное море

В пробе из ерика Казачьего присутствует 33 НОС, в пробе из Черного моря – 87, из которых 27 веществ являются общими. Проба из ерика Казачьего характеризуется наличием 6 специфических соединений (гексаметилциклотризилоксан, 1-метилэтилбензен, 7,9-ди-терт-бутил-1-oксаспиро(4,5)дека-6,9-диен-2,8-дион, биформен не идентифицированное с RT=7.95 и d-лимонен. В пробе из Черного моря присутствовало 60 специфических веществ. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 27 / (33+87-27) = 27/93 = 0.29, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*27/ (33+87) = 54/120= 0.45.

6 сравнение – ерик Казачий и Днестровский лиман ст. №1

В пробе из ерика Казачьего присутствует 33 НОС, в пробе из Днестровского лимана ст.№1 – 78, из которых 24 вещества являются общими. Проба из ерика Казачьего характеризуется наличием 9 специфических соединений. В пробе из Днестровского лимана ст.№1 присутствовало 54 специфических веществ. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 24 / (33+78-24) = 24/87 = 0.28, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*24/ (33+78) = 48/111= 0.43.

7 сравнение – ерик Казачий и Днестровский лиман ст.№2

В пробе из ерика Казачьего присутствует 33 НОС, в пробе из Днестровского лимана ст.№2 – 86, из которых 28 вещества являются общими. Проба из ерика Казачьего характеризуется наличием 5 специфических соединений. В пробе из Днестровского лимана ст.№2 присутствовало 58 специфических веществ. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 28 / (33+86-28) = 28/91 = 0.31, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*28/ (33+86) = 56/119= 0.47.

8 сравнение – Черное море и Днестровский лиман ст.№1

В пробе из Черного моря присутствует 87 НОС, в пробе из Днестровского лимана ст.№1 – 78, из которых 58 вещества являются общими. Проба из Черного моря характеризуется наличием 29 специфических соединений. В пробе из Днестровского лимана ст.№1 присутствовало 20 специфических веществ. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 58 / (87+78-58) = 58/107 = 0.54, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*58/ (87+78) = 116/165= 0.70.

9 сравнение - Черное море и Днестровский лиман ст.№2

В пробе из Черного моря присутствует 87 НОС, в пробе из Днестровского лимана ст.№2 – 86, из которых 59 вещества являются общими. Проба из Черного моря характеризуется наличием 28 специфических соединений. В пробе из Днестровского лимана ст.№2 присутствовало 27 специфических веществ. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 59 / (87+86-59) = 59/114 = 0.52, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*59/ (87+86) = 118/165= 0.72.

10 сравнение - Днестровский лиман ст.№1 и Днестровский лиман ст.№2

В пробе из Днестровского лимана ст.№1 присутствует 78 НОС, в пробе из Днестровского лимана ст.№2 – 86, из которых 59 вещества являются общими. Проба из Днестровского лимана ст.№1 характеризуется наличием 19 специфическими соединениями. В пробе из Днестровского лимана ст.№2 присутствовало 27 специфических веществ. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 59 / (78+86-59) = 59/105= 0.56, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*59/ (78+86) = 118/164 = 0.72

11 сравнение – озеро Макаркино и Щучий залив Ладожского озера

В пробе из озера Макаркино присутствует 100 НОС, в пробе из Щучьего залива – 107, из которых 48 веществ являются общими. Проба из озера Макаркино характеризуется наличием 52 специфических соединений. В пробе из Щучьего залива присутствовало 59 специфических веществ: октаналь, нонаналь, изофитол, геранил линалоол, тетрадецил-циклооктан, не идентифицированное соединение с RT=56.57 и другие. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 48 / (100+107-48) = 48/159 = 0.30, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*48/ (100+107) = 0.47.

12 сравнение – ерик Казачий и Щучий залив

В пробе из ерика Казачьего присутствует 33 НОС, в пробе из Щучьего залива – 107, из которых 17 веществ являются общими. Проба из ерика Казачьего характеризуется наличием 16 специфических соединений (гексаметилциклотризилоксан, 1-метилэтилбензен, 7,9-ди-терт-бутил-1-oксаспиро(4,5)дека-6,9-диен-2,8-дион, биформен, не идентифицированное с RT=7.95, d-лимонен и другие). В пробе из Щучьего залива присутствовало 90 специфических веществ. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 17 / (33+107-16) = 16/123 = 0.13, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*17/ (33+107) = 34/140= 0.24.

13 сравнение – Черное море и Щучий залив

В пробе из Черного моря присутствует 87 НОС, в пробе из Щучьего залива – 107, из которых 45 вещества являются общими. Проба из Черного моря характеризуется наличием 42 специфическими соединениями. В пробе из Щучьего залива присутствовало 62 специфических веществ. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 45 / (87+107-45) = 45/149 = 0.30, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*45/ (87+107) = 90/194= 0.47.

14 сравнение - Днестровский лиман ст.№1 и Щучий залив

В пробе из Днестровского лимана ст.№1 присутствует 78 НОС, в пробе из Щучьего залива – 107, из которых 34 вещества являются общими. Проба из Днестровского лимана ст.№1 характеризуется наличием 44 специфическим соединением. В пробе из Щучьего залива присутствовало 73 специфических веществ. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 34/ (78+107-34) = 34/151= 0.23, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*34/ (78+107) = 68/185 = 0.37.

15 сравнение - Днестровский лиман ст.№2 и Щучий залив

В пробе из Днестровского лимана ст.№2 присутствует 87 НОС, в пробе из Щучьего залива Ладожского озера – 107, из которых 40 вещества являются общими. Проба из Днестровского лимана ст.№2 характеризуется наличием 47 специфическими соединениями. В пробе из Щучьего залива присутствовало 67 специфических веществ. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 40 / (87+107-40) = 40/154= 0.26, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*40/ (87+107) = 80/194 = 0.41.

16 сравнение – озеро Макаркино и озеро Узкое (2015 г.)

В пробе из озера Макаркино присутствует 100 НОС, в пробе из озеро Узкого (2015 г.) – 126, из которых 45 вещества являются общими. Проба из озера Макаркино характеризуется наличием 55 специфических соединений. В пробе из озера Узкого (2015 г.) присутствовало 81 специфических веществ, например, такие как изофитол, 2,7-диметилоксипин, 2,3-ангидро-d-галактозан и др. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 45 / (100+126-45) = 45/181 = 0.25, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*45/ (100+126) = 90/226= 0.40.

17 сравнение –Черное море и озеро Узкое (2015 г.)

В пробе из Черного моря присутствует 87 НОС, в пробе из озеро Узкого (2015 г.) – 126, из которых 43 вещества являются общими. Проба из Черного моря характеризуется наличием 44 специфических соединений. В пробе из озера Узкого (2015 г.) присутствовало 83 специфических веществ. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 43 / (87+126-43) = 43/170 = 0.25, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*43/ (87+126) = 86/213= 0.40.

18 сравнение - Днестровский лиман ст.№1 и озеро Узкое (2015 г.)

В пробе из Днестровского лимана ст.№1 присутствует 78 НОС, в пробе из Щучьего залива – 126, из которых 36 вещества являются общими. Проба из Днестровского лимана ст.№1 характеризуется наличием 42 специфическим соединением. В пробе из озера Узкого (2015 г.) присутствовало 90 специфических веществ. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 36/ (78+126-36) = 36/168= 0.21, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*36/ (78+126) = 72/204 = 0.35.

19 сравнение – Днестровский лиман (ст.2) и озеро Узкое (2015 г.)

В пробе из Днестровского лимана (ст.2) присутствует 87 НОС, в пробе из озеро Узкого (2015 г.) – 126, из которых 41 вещества являются общими. Проба из Днестровского лимана (ст.2) характеризуется наличием 46 специфических соединений. В пробе из озера Узкого (2015 г.) присутствовало 85 специфических веществ. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 41 / (87+126-41) = 41/172 = 0.24, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*41/ (87+126) = 82/213= 0.39.

20 сравнение –Ерик Казачий и озеро Узкое (2015 г.)

В пробе из Ерика Казачьего присутствует 33 НОС, в пробе из озеро Узкого (2015 г.) – 126, из которых 15 вещества являются общими. Проба из Ерика Казачьего характеризуется наличием 18 специфических соединений. В пробе из озера Узкого (2015 г.) присутствовало 111 специфических веществ. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 15/ (33+126-15) = 15/144 = 0.10, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*15/ (33+126) = 30/159= 0.19.

21 сравнение – Щучий залив и озеро Узкое (2015 г.)

В пробе из Щучьего залива присутствует 107 НОС, в пробе из озеро Узкого (2015 г.) – 126, из которых 71 вещество являются общими. Проба из Щучьего залива характеризуется наличием 36 специфических соединений. В пробе из озера Узкого (2015 г.) присутствовало 56 специфических веществ. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 71/ (107+126-71) = 71/162 = 0.44, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*71/ (107+126) = 142/233= 0.61.

22 сравнение – озеро Макаркино и озеро Нарочь

В пробе из озера Макаркино присутствует 100 НОС, в пробе из озера Нарочь – 106, из которых 43 веществ являются общими. Проба из озера Макаркино характеризуется наличием 57 специфических соединений. В пробе из озера Нарочь присутствовало 63 специфических веществ. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 43/ (100+106-43) = 43/163 = 0.26, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*43/ (100+106) = 0.42.

23 сравнение – ерик Казачий и озеро Нарочь

В пробе из ерика Казачьего присутствует 33 НОС, в пробе из озера Нарочь – 106, из которых 14 веществ являются общими. Проба из ерика Казачьего характеризуется наличием 19 специфических соединений (гексаметилциклотризилоксан, 1-метилэтилбензен, 7,9-ди-терт-бутил-1-oксаспиро(4,5)дека-6,9-диен-2,8-дион, биформен, не идентифицированное с RT=7.95, d-лимонен и другие). В пробе из озера Нарочь присутствовало 92 специфических веществ. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 14 / (33+106-14) = 14/125 = 0.11, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*14/ (33+106) = 28/139= 0.20.

24 сравнение – Черное море и озеро Нарочь

В пробе из Черного моря присутствует 87 НОС, в пробе из озера Нарочь – 106, из которых 41 вещества являются общими. Проба из Черного моря характеризуется наличием 46 специфическими соединениями. В пробе из озера Нарочь присутствовало 66 специфических веществ. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 41 / (87+106-41) = 41/152 = 0.27, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*41/ (87+106) = 82/193= 0.43.

25 сравнение - Днестровский лиман ст.№1 и озеро Нарочь

В пробе из Днестровского лимана ст.№1 присутствует 78 НОС, в пробе из озера Нарочь – 106, из которых 38 вещества являются общими. Проба из Днестровского лимана ст.№1 характеризуется наличием 40 специфическим соединением. В пробе из озера Нарочь присутствовало 69 специфических веществ. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 38/ (78+106-38) = 38/146= 0.26, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*38/ (78+106) = 76/184 = 0.41.

26 сравнение - Днестровский лиман ст.№2 и озеро Нарочь

В пробе из Днестровского лимана ст.№2 присутствует 87 НОС, в пробе из озера Нарочь – 106, из которых 42 вещества являются общими. Проба из Днестровского лимана ст.№2 характеризуется наличием 45 специфическими соединениями. В пробе из озера Нарочь присутствовало 65 специфических веществ. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 42 / (87+106-42) = 42/151= 0.28, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*42/ (87+106) = 84/193 = 0.44.

27 сравнение – озеро Узкое (2015 г.) и озеро Нарочь

В пробе из озера Нарочь присутствует 106 НОС, в пробе из озеро Узкого (2015 г.) – 126, из которых 62 вещества являются общими. Проба из озера Нарочь характеризуется наличием 44 специфических соединений. В пробе из озера Узкого (2015 г.) присутствовало 64 специфических веществ. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 62 / (106+126-62) = 62/170 = 0.37, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*62/ (106+126) = 124/232= 0.53.

28 сравнение – Щучий залив Ладожского озера и озеро Нарочь

В пробе из Щучьего залива присутствует 107 НОС, в пробе из озера Нарочь – 106, из которых 62 вещество являются общими. Проба из Щучьего залива характеризуется наличием 45 специфических соединений. В пробе из озера Нарочь присутствовало 44 специфических веществ. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 62/ (107+106-62) = 62/151 = 0.41, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*62/ (107+106) = 124/213= 0.58.

29 сравнение – озеро Макаркино – озеро Узкое (2016 г.)

В пробе из озера Макаркино присутствует 100 НОС, в пробе из озеро Узкого (2016 г.) – 121, из которых 46 вещества являются общими. Проба из озера Макаркино характеризуется наличием 54 специфических соединений. В пробе из озера Узкого (2016 г.) присутствовало 75 специфических веществ. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 46 / (100+121-46) = 46/175 = 0.27, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*46/ (100+121) = 92/221= 0.42.

30 сравнение – Черное море и озеро Узкое (2016 г.)

В пробе из Черного моря присутствует 87 НОС, в пробе из озеро Узкого (2016 г.) – 121, из которых 44 вещества являются общими. Проба из Черного моря характеризуется наличием 43 специфических соединений. В пробе из озера Узкого (2016 г.) присутствовало 77 специфических веществ. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 44 / (87+121-44) = 44/164 = 0.27, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*44/ (87+121) = 88/208= 0.42.

31 сравнение - Днестровский лиман ст.№1 и озеро Узкое (2016 г.)

В пробе из Днестровского лимана ст.№1 присутствует 78 НОС, в пробе из Щучьего залива – 121, из которых 35 вещества являются общими. Проба из Днестровского лимана ст.№1 характеризуется наличием 43 специфическим соединением. В пробе из озера Узкого (2016 г.) присутствовало 86 специфических веществ. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 35/ (78+121-35) = 35/164= 0.21, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*35/ (78+121) = 70/199 = 0.35.

32 сравнение – Днестровский лиман (ст.2) и озеро Узкое (2016 г.)

В пробе из Днестровского лимана (ст.2) присутствует 87 НОС, в пробе из озеро Узкого (2016 г.) – 121, из которых 34 вещества являются общими. Проба из Днестровского лимана (ст.2) характеризуется наличием 53 специфических соединений. В пробе из озера Узкого (2016 г.) присутствовало 87 специфических веществ. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 34/ (87+121-34) = 34/174 = 0.20, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*34/ (87+121) = 68/208= 0.33.

33 сравнение – Ерик Казачий и озеро Узкое (2016 г.)

В пробе из Ерика Казачьего присутствует 33 НОС, в пробе из озеро Узкого (2016 г.) – 121, из которых 14 вещества являются общими. Проба из Ерика Казачьего характеризуется наличием 19 специфических соединений. В пробе из озера Узкого (2016 г.) присутствовало 107 специфических веществ. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 14/ (33+121-14) = 14/144 = 0.10, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*14/ (33+121) = 28/154= 0.19.

34 сравнение – Щучий залив и озеро Узкое (2016 г.)

В пробе из Щучьего залива присутствует 107 НОС, в пробе из озеро Узкого (2016 г.) – 121, из которых 72 вещества являются общими. Проба из Щучьего залива характеризуется наличием 35 специфических соединений. В пробе из озера Узкого (2016 г.) присутствовало 49 специфических веществ. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 72/ (107+121-72) = 72/156 = 0.46, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*72/ (107+121) = 144/228= 0.63.

35 сравнение – озеро Нарочь и озеро Узкое (2016 г.)

В пробе из озера Нарочь присутствует 106 НОС, в пробе из озеро Узкого (2016 г.) – 121, из которых 59 вещества являются общими. Проба из озера Нарочь характеризуется наличием 47 специфических соединений. В пробе из озера Узкого (2016 г.) присутствовало 62 специфических веществ. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 59 / (106+121-59) = 59/168 = 0.35, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*59/ (106+121) = 118/227= 0.52.

36 сравнение – озеро Узкое (2015 г.) и озеро Узкое (2016 г.)

В пробе из озера Узкого (2015 г.) присутствует 126 НОС, в пробе из озеро Узкого (2016 г.) – 121, из которых 109 вещества являются общими. Проба 2015 года характеризуется наличием 17 специфических соединений. В пробе 2016 года присутствовало 12 специфических веществ. Таким образом, коэффициент Жаккара равен J = 109 / (126+121-109) = 109/138 = 0.79, а коэффициент Съеренсена QS= 2\*109/ (126+121) = 218/247= 0.88.

Таблица 20. Коэффициент сходства исследованных образцов по индексу Жаккара

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Местообитания | Озеро Макаркино | Ерик Казачий | Черное море | Днестровский лиман ст.№1 | Днестровский лиман ст.№2 | Щучий залив | Озеро Нарочь | Озеро Узкое (2015) | Озеро Узкое (2016) |
| Озеро Макаркино | - | 0.22 | 0.57 | 0.46 | 0.42 | 0.30 | 0.26 | 0.25 | 0.27 |
| Ерик Казачий | 0.22 | - | 0.29 | 0.28 | 0.31 | 0.13 | 0.11 | *0.10* | *0.10* |
| Черное море | 0.57 | 0.29 | - | 0.54 | 0.52 | 0.30 | 0.27 | 0.25 | 0.27 |
| Днестровский лиман ст.№1 | 0.46 | 0.28 | 0.54 | - | 0.56 | 0.23 | 0.26 | 0.21 | 0.21 |
| Днестровский лиман ст.№2 | 0.42 | 0.31 | 0.52 | 0.56 | - | 0.26 | 0.28 | 0.24 | 0.20 |
| Щучий залив | 0.30 | 0.13 | 0.30 | 0.23 | 0.26 | - | 0.41 | 0.44 | 0.46 |
| Озеро Нарочь | 0.26 | 0.11 | 0.27 | 0.26 | 0.28 | 0.41 | - | 0.37 | 0.35 |
| Озеро Узкое (2015) | 0.25 | *0.10* | 0.25 | 0.25 | 0.24 | 0.44 | 0.37 | - | **0.79** |
| Озеро Узкое (2016) | 0.27 | *0.10* | 0.27 | 0.21 | 0.20 | 0.46 | 0.35 | **0.79** | - |

Таблица 21. Коэффициент исследованных образцов по индексу общности Съеренсена

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Местообитания | Озеро Макаркино | Ерик Казачий | Черное море | Днестровский лиман ст.№1 | Днестровский лиман ст.№2 | Щучий залив | Озеро Нарочь | Озеро Узкое (2015) | Озеро Узкое (2016) |
| Озеро Макаркино | - | 0.36 | 0.73 | 0.64 | 0.59 | 0.47 | 0.42 | 0.40 | 0.42 |
| Ерик Казачий | 0.36 | - | 0.45 | 0.43 | 0.47 | 0.24 | 0.20 | *0.19* | *0.19* |
| Черное море | 0.73 | 0.45 | - | 0.70 | 0.72 | 0.47 | 0.43 | 0.40 | 0.42 |
| Днестровский лиман ст.№1 | 0.64 | 0.43 | 0.70 | - | 0.72 | 0.37 | 0.41 | 0.35 | 0.35 |
| Днестровский лиман ст.№2 | 0.59 | 0.47 | 0.72 | 0.72 | - | 0.41 | 0.44 | 0.39 | 0.33 |
| Щучий залив | 0.47 | 0.24 | 0.47 | 0.37 | 0.41 | - | 0.58 | 0.61 | 0.63 |
| Озеро Нарочь | 0.42 | 0.20 | 0.43 | 0.41 | 0.44 | 0.58 | - | 0.53 | 0.52 |
| Озеро Узкое (2015) | 0.40 | *0.19* | 0.40 | 0.35 | 0.39 | 0.61 | 0.53 | - | **0.88** |
| Озеро Узкое (2016) | 0.42 | *0.19* | 0.42 | 0.35 | 0.33 | 0.63 | 0.52 | **0.88** | - |

Жирным выделены наиболее схожие значения, курсивом – наиболее различные.

По полученным коэффициентам можно сделать несколько выводов: наиболее схожие пробы из озера Узкого 2015 и 2016 года (J=0.79, QS=0.88) (табл.1-1). Так же достаточно схожи образцы из Черного моря и Днестровского лиман (обе станции отбора) и две станции между собой, что в свою очередь можно объяснить географической близостью объектов. Стоит отметить общую тенденцию, что чем ближе к друг другу расположены рассматриваемые водные объекты, тем более схож состав изучаемого растения. Но как мы видим по коэффициенту схожести Жаккара, есть существенные различия в метаболитном составе эфирных масел. Это может быть связано с тем, что все объекты относятся к различным типам водных объектов: море, лиман, озеро и ерик (река), каждый из которых характеризуется свойственным ему гидрологическим и химическим режимом, так же не стоит забывать о влиянии тех процессов, которые происходили в момент отбора проб и до этого. Нельзя не отметить, что синтез растениями НОС зависит и от соседствующих видов, что в свою очередь влияет на результат исследования.

# **Заключение**

Количество и разнообразие синтезируемых НОС растениями очень велико, а их функции и роль еще очень мало изучены. Науке только предстоит раскрыть механизмы действия многих биологических веществ, но уже известно, что во многих случаях такие вещества являются аллелопатическими агентами, то есть выполняют защитные (антимикробные, фунгицидные) функции, а также регулируют взаимодействия как внутри популяции, так и вне.

В данной работе был изучен компонентный состав НОС урути колосистой (*M. spicatum*), произраставшей в различных географических регионах (Астраханская область и г. Астрахань – 2 образца, Одесская область – 3 образца, Ленинградская область – 3 образца, Минская область – 1 образец). В ходе исследования было идентифицировано от 33 НОС в образце из ерика Казачьего (г. Астрахань) до 126 НОС из озера Узкое (Ленинградская область). Около половины веществ были одинаковы для всех проб, а преобладающими группами веществ были жирные кислоты и углеводороды.

В ходе исследования были выявлены мажорные компоненты, которые были обнаружены во всех образцах и имеют наиболее высокую концентрацию (фитол, тетрадекановая кислота, пентакозан, гексадекановая кислота, 2-пентадеканон, 6,10,14-триметил, дибутилфталат). Также были подсчитаны коэффициент сходства Жаккара и индекс общности Съеренсена, чьи значения варьировались от 0.10 до 0.79 и от 0.19 до 0.88.

По полученным данным был сделан вывод, что каждое местообитание характеризуется своими гидрохимическими и гидрологическими условиями, что в свою очередь обуславливает многие различия в компонентном составе вторичных метаболитов урути колосистой (*M. spicatum*).

# 

# **Список литературы**

**Монографии:**

1. Сакевич А.И. Экзометаболиты пресноводных водорослей. Киев: Наук. думка, 1985. С. 200.
2. Сиренко Л.А., Козицкая В.Н. Биологически активные вещества водорослей и качество воды. Киев: Наук. думка, 1988. С. 256.
3. Телитченко М.М., Остроумов С.А. Введение в проблемы биохимической экологии: Биотехнология, сельское хозяйство, охрана среды. М.: Наука, 1990. С. 288.
4. Токин Б.П.Бактерициды растительного происхождения (фитонциды). С участием Коваленок А., НеболюбовойГ., Торопцева И., Ферри Л., Филатовой А. М.: Медгиз, 1942. С. 108.
5. Crawford S.A.Farm pond restoration using Chara vulgaris vegetation // Hydrobiologia. 1979. V. 62. P. 17–31.

**Статьи в сборниках:**

1. Курашов Е.А., Крылова Ю.В. Низкомолекулярные вторичные метаболиты высших водных растений и перспективы управления автотрофным звеном в водных экосистемах // Биология внутренних вод: Материалы XV Школы-конференции молодых учёных (Борок, 19–24 октября 2013 г.). Кострома: ООО «Костромской печатный дом», 2013а. С. 29-60.
2. Токин Б.П., Бараненкова А.C. Эфирные масла и клеточное деление // Труды по Динамике Развития. Т. 6. 1931. С. 143-147.

**Статьи в журналах:**

1. Батаева Ю.В., Курашов Е.А., Крылова Ю.В. Хромато-масс-спектрометрическое исследование экзогенных метаболитов альгобактериальных сообществ в накопительной культуре. //Вода: химия и экология. – 2014 - №9. С. 58-67.
2. Курашов Е.А., Крылова Ю.В., Митрукова Г.Г. Динамика компонентного состава эфирного масла побегов *Potamogeton pussilus* (*Potamogetonaceae*) в течение вегетации // Растительные ресурсы, 2013б. T. 49. Вып. 1. С. 85 – 103**.**
3. Курашов Е.А., Крылова Ю.В., Митрукова Г.Г. Компонентный состав эфирного масла *Ceratophyllum demersum* (*Ceratophyllaceae*) в течение вегетации// Растительные ресурсы, 2014. Вып.1. С. 132-144
4. Курашов Е.А., Крылова Ю.В., Чернова А.М., Митрукова Г.Г. Компонентный состав летучих низкомолекулярных органических веществ *Nuphar lutea* (*Nymphaeaceae*) в начале вегетационного сезона // Вода: химия и экология, 2013в. №5 С.67-80.
5. Arimura G., Matsui K., Takabayashi J. Chemical and Molecular Ecology of Herbivore-Induced Plant Volatiles: Proximate Factors and Their Ultimate Functions // Plant Cell Physiol. 2009. V. 50, № 5. P. 911–923.
6. Costa J.P., Ferreira P.B., De Sousa D.P., Jordan J., Freitas R.M. Anticonvulsant effect of phytol in a pilocarpine model in mice // Neuroscience Letters. 2012. V. 523. № 2. P. 115-118.
7. Roy R.N., Laskar S., Sen S.K. Dibutyl phthalate, the bioactive compound produced by Streptomyces albidoflavus 321.2 // Microbiological Research. 2006. V. 161, № 2. P. 121–126.

**Ресурсы сети Интернет:**

URL 1: http://manve.info/pages/m/myriophyllum-spicatum.html – Фотогалерея *Myriophyllum spicatum L*.

URL 3: http://bioaltai-sayan.ru/– Каталог видов Алтае-Саянского экорегиона

URL 2: https://ru.wikipedia.org/ - Онлайн энциклопедия

URL 4: http://www.my-article.net/get/ - География Астраханской области

URL 5: http://www.astu.org – Официальный сайт Астраханского Государственного Технического Университета

URL 6: http://worldofscience.ru/geografija-mira/ - Физико-географическая характеристика природного комплекса Черного моря

URL 7: http://hit-fishing.com.ua/wiki/Днестровский+лиман/

URL 8: http://ladoga.dax.ru/klimat.html – Климат над Ладожским озером

URL 9: http://geo-storm.ru/priroda-i-klimat/priroda/ozero-naroch-gordost-belarusi/ - Озеро Нарочь

URL 10: http://www.ngpedia.ru/ - Большая энциклопедия нефти и газа