

Ландыш в парфюмерии. Душистые вещества с запахом ландыша

Авторы замечательного учебника под ред. Солдатенкова А.Т. «Основы органической химии душистых веществ для прикладной эстетики и ароматерапии» (2006) специально для учащихся сообщают, что **аромат ландыша повышает эффективность сдачи зачётов и экзаменов**.

Как ни странно это прозвучит, но два самых главных цветка в парфюмерии – это ландыш и фиалка.

Ландыш в природе представлен единственным видом **Ландыш майский** (*Convallaria majalis*). В Песне Песней Соломона есть «нарцисс Саронский, лилия долин». Когда знаменитый ботаник Карл Линней давал официальное название ландышу, он просто взял лат. *Lilium convallium* (то есть буквально «лилия долин»), хотя какой конкретно цветок упоминается в тексте Песни Песней – загадка. Поэтому английское название ландыша «**lily-of-the-valley**» – это просто калька с латыни. В парфюмерии для ландышевых одорантов обычно используют французское название ландыша – **muguet odorants**. В русский язык слово «ландыш», по-видимому, пришло из польского от древнепол. *łanie uszko* («ушко лани»).



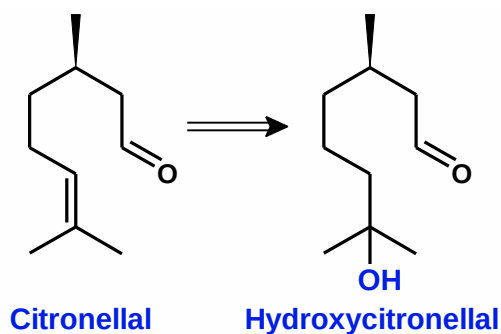
Запах ландыша нежный и прозрачный, он похож на тихий мелодичный звон хрустального колокольчика. В нём есть множество граней: помимо цветочной основы там и цитрусовые ноты (лимон, грейпфрут), и водянистые нюансы, а также зелень, мыльно-восковые альдегидные ноты, нечто древесное и пряное, фруктовое (груша, дыня) и даже животное.

Парфюмеры называют ландыш «**немым**» цветком: все попытки получить натуральные эфирные масла и экстракты ландыша с запахом, близким к оригиналу, провалились. Вплоть до начала 20 века парфюмеры пытались воспроизвести аромат ландыша с помощью природных душистых веществ, но сделать это было крайне сложно.

Гидроксицитронеллаль и цикламенальдегид

Ситуация радикально изменилась в 1905 году, когда немецкий химик Герман Кноль получил первое синтетическое вещество с выраженным ландышевым запахом – **7-гидрокси-6,7-дигидроцитронеллаль** (или просто **гидроксицитронеллаль**). Хотя **это вещество не встречается в природе**, оно выдаёт весьма узнаваемый запах цветов ландыша.

Новым продуктом сразу же заинтересовались производители парфюмерных материалов: компания *Knoll* выпустила его на рынок в виде рацемата, обогащенного (+)-(R)-энантиомером. Следует отметить, что исходное вещество для синтеза **гидроксицитронеллала** – монотерпеноид **цитронеллаль** (без ОН группы) – имеет запах лимона и является природным соединением; он содержится в эвкалиптовом (до 85 %), лимонном и других эфирных маслах:



Гидроксицитронеллаль стал звездой на парфюмерной сцене первой половины 20 века, альтернативу ему не могли подобрать долго. Парфюмеры ~~не способны запомнить длинное название~~ и ласково называют его просто **Hydroxy**. **Hydroxy** универсален: он добавляет «парфюмерности» любой композиции, делает аромат более мягким и прозрачным. Косметическому продукту **Hydroxy** сообщает кремовый, «уходовый» нюанс, что широко используется: например, **10% гидроксицитронеллала содержится во всемирно известной отдушке крема Nivea.**



Ода **гидроксицитронеллалу** и его бенефис – это ландышевый парфюм *Dior «Diorissimo»* (1956) Эдмона Рудницки, в котором содержание **Hydroxy** достигает 20%. По легенде, во время создания своего бессмертного аромата парфюмер постоянно сверялся с запахом живых ландышей. По более приземленной версии, Рудницка взял за основу своей композиции уже существующую базу *Muguet de Bois*, созданную другим парфюмером – Анри Робером, увеличив содержание гидроксицитронеллала до 20% (в базе его ~10%).



Dior Diorissimo (1956)

Синтез гидроксицитронеллала

Кажется, что получить **гидроксицитронеллаль** легко – надо всего лишь гидратировать природный **цитронеллаль**, то есть присоединить молекулу H_2O по $C=C$ связи **цитронеллала** в кислой среде. Однако при обработке **цитронеллала** кислотой первым в нем протонируется атом кислорода альдегидной группы с образованием иона оксония, причем заряд (+) распределяется между атомами кислорода и углерода. На другом конце молекулы вместо гидратации $C=C$ связи

Reaction scheme for the acid-catalyzed dehydration of Hydroxycitronellal to iso-Pulegol:

Hydroxycitronellal (a 6-membered ring with a hydroxyl group and an aldehyde group) is protonated by H^+ . The reaction is reversible, with water (H_2O) as a byproduct. The protonated intermediate then undergoes dehydration to form Citronellal (a 6-membered ring with an aldehyde group and a double bond).

Citronellal is then protonated by H^+ to form a resonance-stabilized carbocation intermediate. This intermediate is shown in brackets, indicating it is a resonance hybrid. The carbocation is then attacked by a base ($\text{B}:$), which abstracts a proton (H^+) to form iso-Pulegol (a 6-membered ring with a double bond and a hydroxyl group).

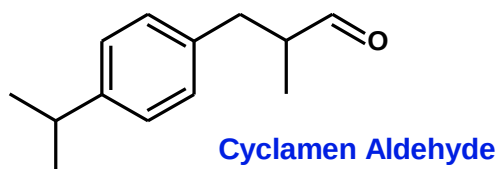
The final product is iso-Pulegol, which is a 6-membered ring with a double bond and a hydroxyl group.

- 1) атом азота протонируется с образованием соли (что способствует растворению вещества в кислоте) и
- 2) серная кислота присоединяется к C=C связи на другом конце молекулы с образованием сульфатного эфира.

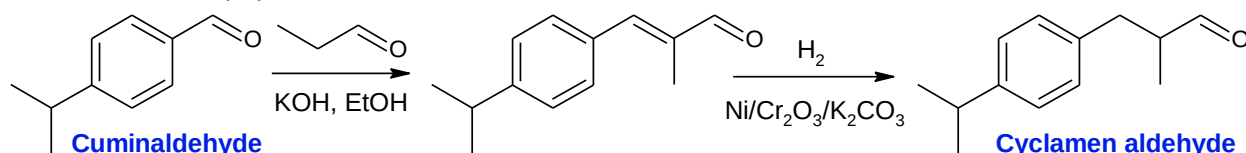
Citronellal

Hydroxycitronellal

У **цикламенальдегида** свежий цветочный запах, действительно напоминающий цикламен: зелёный, сладковатый, с нюансами ландыша, липового цвета и слабым оттенком ревеня. И да, в отличие от комнатных цикламенов, которые не пахнут, **«дикий» цикламен пахнет ландышем**:



Цикламенальдегид – это не терпеноид (то есть не состоит из фрагментов изопрена), хотя и напоминает терпеноид по структуре. **Цикламенальдегид** получают альдольно-кетоновой конденсацией **куминальдегида** (4-изопропилбензальдегида) с **пропаналем** с последующим селективным гидрированием C=C связи:



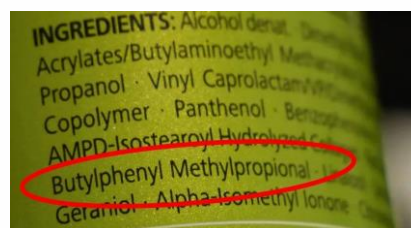
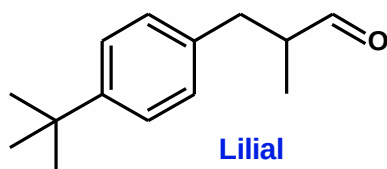
Лилиаль и лираль

Вплоть до середины 20 века два вещества – **гидроксицитронеллаль** и **цикламенальдегид** – были единственными «ландышами», доступными парфюмерам. Однако химики постоянно вели поиск новых душистых веществ, и, наконец, в 1950-х ситуация изменилась кардинально.

В 1952 году в СССР группа В.М. Родионова из Всесоюзного научно-исследовательского института синтетических и натуральных душистых веществ (**ВНИИСНДВ**) получила вещество с запахом как у **гидроксицитронеллала**, но в 10 раз сильнее. Это соединение, названное **лилиальдегидом**, можно синтезировать из **4-трет-бутилбензальдегида** и **пропаналя** аналогично **цикламенальдегиду**. К сожалению, отечественные парфюмеры **лилиальдегид** в свое время не оценили, а зря.

В компании **Givaudan** утверждают, что их химики Марион Карпентер и Уильям Истер-мл. получили **лилиальдегид** ещё раньше, в 1946 году, но тогда его профиль сочли неинтересным. В итоге благодаря личному давлению Карпентера **лилиальдегид** втихую от русских был запатентован в Швейцарии в 1959 году под более коротким названием – **лилиаль** (**Lilial**). Интересно, что в составе парфюмов лилиаль фигурирует, как правило, под названием **бутилфенилметилпропиональ** (**butylphenyl methylpropional**).

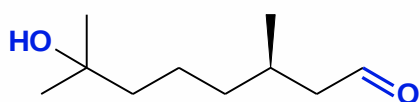
Запах **лилиала** напоминает **цикламенальдегид**, но он более тонкий и нежный, с пудровым характером и пикантным куминовым нюансом.



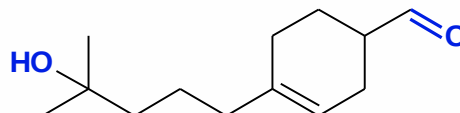
Начиная с 1950-х, **цикламенальдегид** и **лилиаль** стали очень востребованными. Именно с их появлением на рынке началась новая эпоха парфюмерных ландышей: с тех пор и по настоящее время **именно ландышевые одоранты занимают львиную долю рынка душистых веществ – около 20%**. **Лилиаль** и вовсе стал мировым бестселлером – он **содержится в каждом втором моющем средстве, которое пахнет абстрактной свежестью**. **Лилиаль** также служит универсальным цветочным «наполнителем», прекрасно вписываясь в совершенно разные аккорды.

Конкурирующий с **Givaudan** американский концерн **IFF** (*International Flavors & Fragrances*) решил не отставать: в 1958 он запатентовал новое душистое вещество **лираль** (**Lylal**) со сладким, свежим, цветочным, ландышевым запахом. По химической структуре **лираль** – это

гидроксиальдегид похож на **гидроксицитронеллаль**, поскольку помимо альдегидной группы (как в **лилиале**), он содержит еще и **ОН** группу:

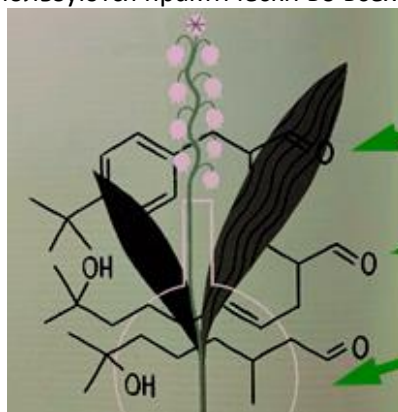


Hydroxycitronellal or Hydroxy



Lyrall

Лираль представляет собой густую вязкую жидкость, что делает его хорошим фиксатором. Уже в 1960-х **лилиаль** и **лираль** сильно потеснили **гидроксицитронеллаль** в составе ландышевых аккордов. А в качестве универсального и нейтрального цветочного «наполнителя» они используются практически во всех жанрах парфюмерии.



Lilial

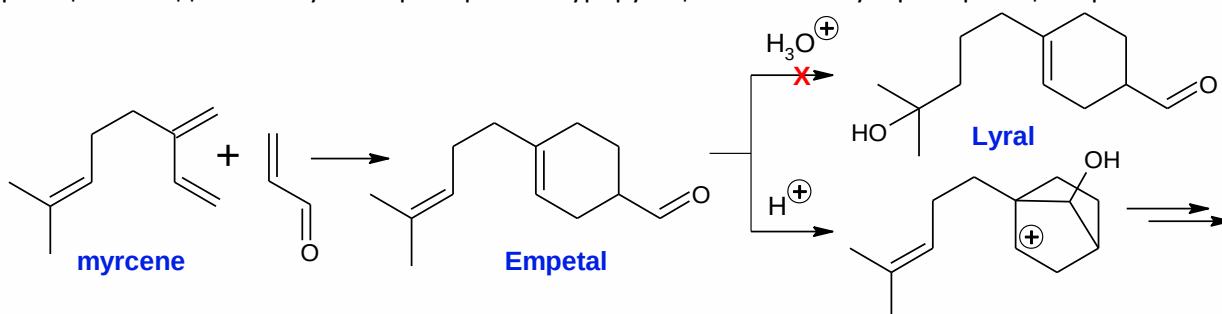
Lyrall

Hydroxycitronellal

Синтез лиралья

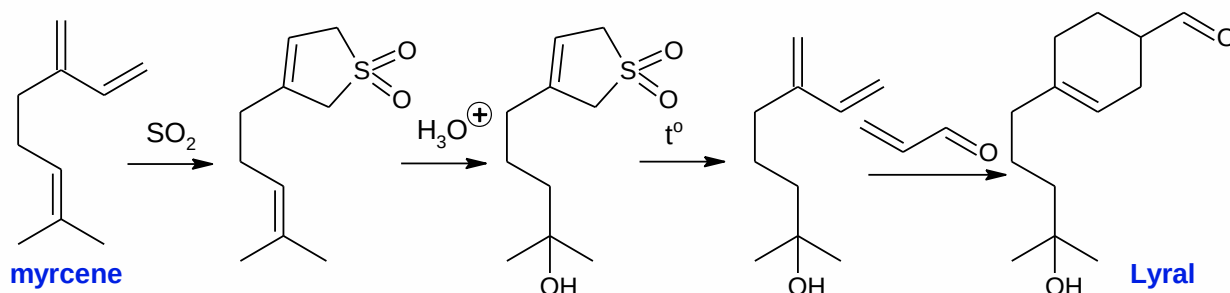
Лираль содержит характерный фрагмент – 6-членный цикл с $C=C$ связью, то есть его можно получить по **реакции Дильса-Альдера**. Если к **мирцену** (как диену) добавить **акролеин** (диенофил), то получится аддукт, известный под торговыми названиями **Myrac Aldehyde** и **Empetal**. Аддукт представляет собой смесь региоизомеров, поскольку диенофил может располагаться в двух ориентациях относительно диена; для простоты на схеме показан только основной изомер (с двумя заместителями в циклогексановом кольце в положениях 1 и 4).

В молекуле **эмпеталья** остается только гидратировать $C=C$ связь в боковой цепи, чтобы получить **Hydroxyempetal** – он же **лираль**. Однако здесь, как обычно, ждет засада. Прямая гидратация **эмпеталья** дает очень низкий выход целевого продукта из-за конкурирующих побочных реакций, которые иллюстрируют важный принцип органической химии: внутримолекулярная реакция с образованием 5- или 6-членного кольца имеет приоритет над межмолекулярными реакциями. В данном случае верх берет конкурирующая межмолекулярная реакция Принса:



Что же делать? Одним из подходов для синтеза **лиралья** может быть защита $C(=O)H$ группы в **Empetal** в виде ацетала (например, превращение в циклический ацеталь с помощью диола). Следует также учитывать, что в молекуле **Empetal** две $C=C$ связи, причем требуется селективная гидратация $C=C$ связи в хвосте боковой цепи, а не в цикле.

Однако нашлось более элегантное решение проблемы. **Диоксид серы** реагирует с диенами с образованием циклического сульфона в реакции, напоминающей реакцию Дильса-Альдера. В случае **мирцена** образуется аддукт, в котором отдаленная от сульфогруппы C=C связь селективно гидратируется в кислой среде. Пиролиз продукта в нейтральных условиях приводит к расщеплению дигидротиофенового кольца с регенерацией диенового фрагмента. А реакция Дильса-Альдера уже этого диеноспирта с **акролеином** дает **лираль**:



Бифункциональные одоранты

Известно, что в молекуле **одоранта** должны присутствовать три группы – одна маленькая полярная группа (осмофор) и две неполярные/гидрофобные группы – небольшая профильная группа (**profile group**) недалеко от осмофора и большая объемная группа (**bulk group**).

Полярная **осмофорная группа** играет определяющую роль в характере и силе запаха. К тому же именно этой группой одоранты втягиваются в сайт связывания рецептора, с которым полярная осмофорная группа образует прочную **водородную связь**.

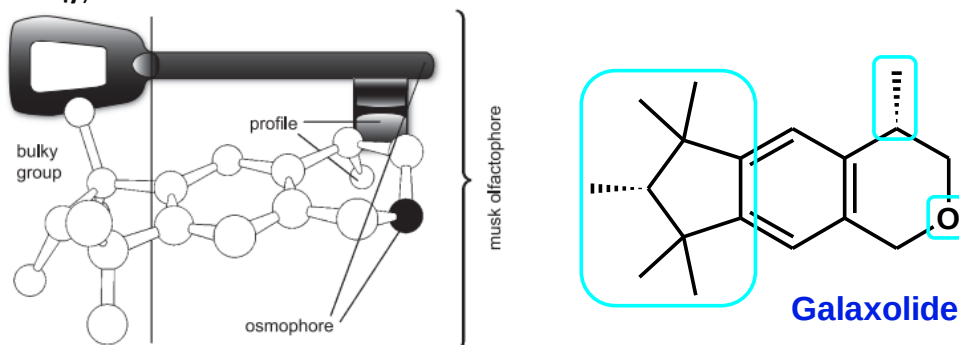
Небольшая специфичная **профильная группа** находится недалеко от осмофора и **кодирует большую часть обонятельной информации**. Если профильная группа отсутствует, то запах у вещества слабый и нехарактерный.

Гидрофобная **объемная группа** имеет внушительных размеры и **обеспечивает прочное сцепление одоранта с рецептором** (с помощью сил Ван-дер-Ваальса), заполняя собой менее специфичные гидрофобные карманы сайта связывания рецептора.

Вместе **осмофор, профильная и объемная группы** образуют **ольфакторный профиль** конкретного запаха (набор структурных признаков, определяющих определенный запах).

Для описания строения молекулы одоранта пользуются **анalogией с ключом** из известной концепции **«КЛЮЧА И ЗАМКА»** для пары «субстрат и фермент». Согласно этой концепции, специфичность ферментов обусловлена тем, что субстрат и фермент идеально подходят друг к другу как **ключ к замку**.

Сначала рассмотрим классический случай аналогии молекулы одоранта с «ключом» на примере мускусного одоранта **галаксилида**. Молекула одоранта соответствует ключу; в этом «ключе» **осмофор** соответствует **кончику**, **профильная группа** – **бороздкам**, а **объемная группа** – **головке (кольцу)**:



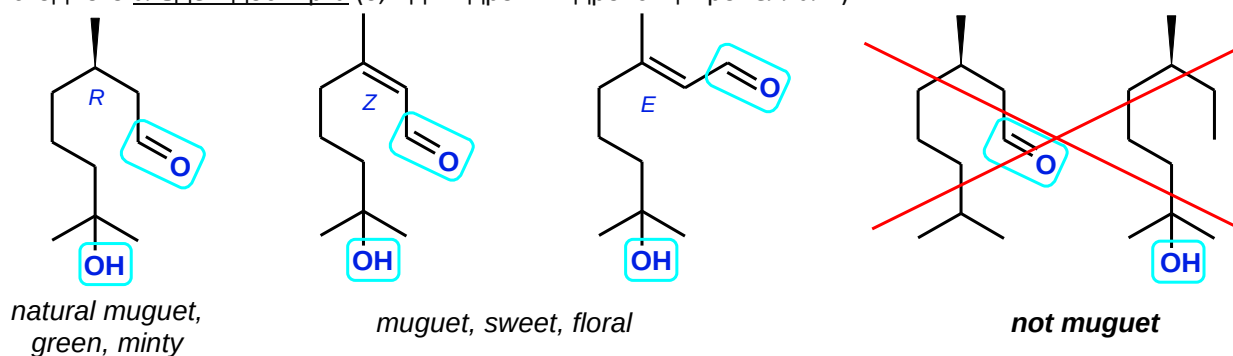
1. **Осмофорная группа** (атом кислорода в цикле) **вводит** одорант в место связывания рецептора и образует с ним прочную **водородную связь**.

2. Маленькая специфичная гидрофобная **профильная группа** (метил в положении 4 недалеко от осмофора, 4-Me) **кодирует** большую часть обонятельной информации.
3. Объемная **гидрофобная часть** (циклопентановое кольцо аж с 5-ю метилами) заполняет менее специфичные гидрофобные связывающие карманы, обеспечивая **прочное сцепление** рецептора с молекулой Ван-дер-Ваальсовыми силами.

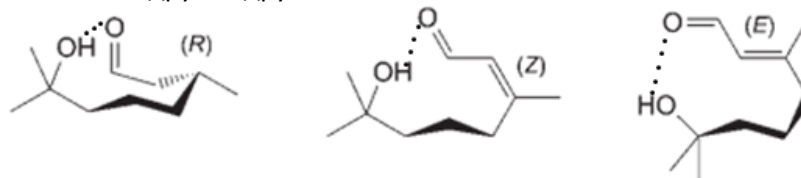
Появление дополнительных полярных (осмофорных) групп в составе одоранта приводит к увеличению полярности молекулы и обычно ведет к **уменьшению или даже полной потере запаха**. Так, диолы (с двумя OH группами), дикарбонильные соединения (с двумя C=O группами), а также гидроксикарбонилы (с одной OH и одной C=O группой) в большинстве случаев не имеют запаха.

Однако из этого правила есть исключения – ландышевые одоранты. Эти гидроксикальдегиды, такие как **гидроксицитронеллаль** и **лираль**, содержат **донорную (OH)** и **акцепторную (C=O)** группы **водородной связи (H-связи)** на расстоянии, позволяющем образовать **внутримолекулярный водородный мостик**. Получается **бифункциональный осмофор** (то есть осмофор с двумя функциональными группами), который может специфически взаимодействовать только с **рецептором**, содержащим **комплементарную донорно-акцепторную единицу H-связи**.

Прототипом не только ландышевых, а вообще **всех бифункциональных одорантов** является **гидроксицитронеллаль**. Посмотрим, как модификация структуры влияет на изменение его запаха. Введение сопряженной с C=O группой C=C связи (как *E*-, так и *Z*-конфигурации) лишь незначительно меняет оттенок запаха. Удаление же одной из функциональных групп (C=O или OH) приводит к резкому изменению запаха; причем даже смесь альдегида (6,7-дигидроцитронеллала) и спирта (2,6-диметилоктанола), независимо от пропорций, не способна имитировать запах исходного альдегидоспирта (6,7-дигидро-7-гидроксицитронеллала):

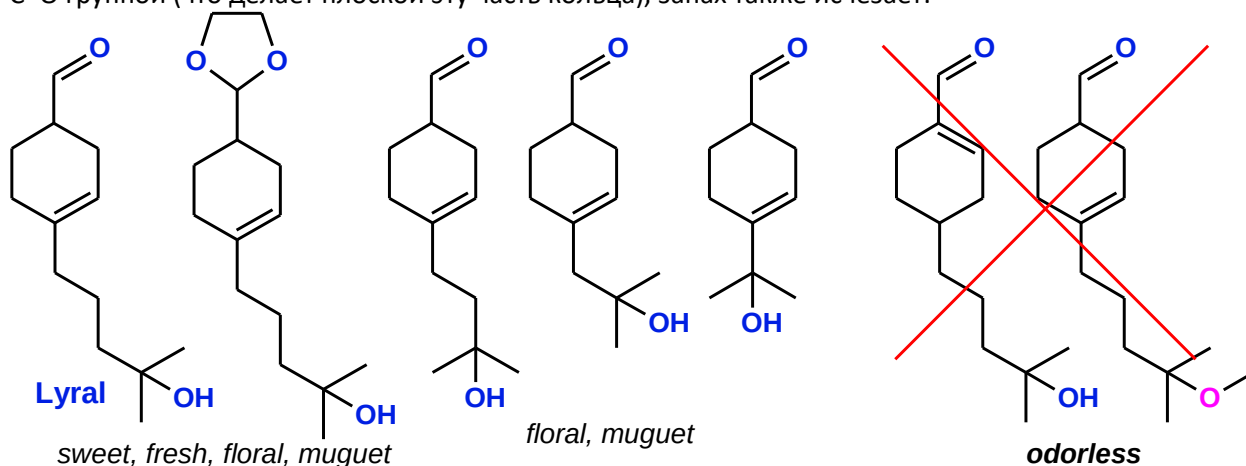


Таким образом, в ландышевых одорантах OH и C(=O)H группы, связанные водородным мостиком, образуют **единую осмофорную единицу**, причем в каждом из трех одорантов (на рисунке выше) OH и C(=O)H группы могут сближаться друг с другом на расстояние < 2,5Å. Даже для (*E*)-изомера существуют конформации, в которых атом кислорода C=O группы и атом водорода OH группы находятся всего в 2Å друг от друга:



Похожие изменения запаха можно проследить на примере еще одного бифункционального ландышевого одоранта – **лирала**. Родственные ему **гидроксикальдегиды** (в них длина боковой цепи с OH группой неважна) имеют общий цветочный, ландышевый характер лирала. Альдегидная C(=O)H группа может быть заменена ацетальной без изменения запаха (в циклическом эфире **кислород** выступает **акцептором H-связи**). Однако блокирование **донора H-связи лирала** путем превращения OH группы в **OMe** приводит к исчезновению запаха, поскольку в такой молекуле имеется уже **два акцептора H-связи** (C=O и OMe) и **ни одного донора H-связи**.

Если C=C связь в циклогексеновом кольце переместить так, чтобы она вступила в сопряжение с C=O группой (что делает плоской эту часть кольца), запах также исчезает:

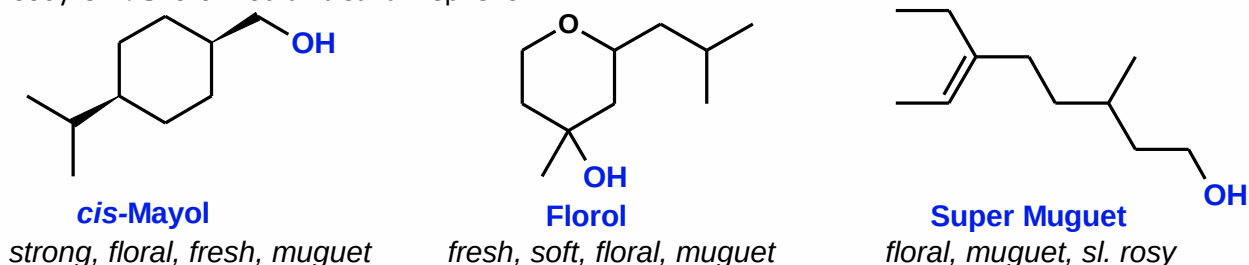


Однако, как это видно на примере **лилиаля** (в котором нет OH группы), **бифункциональность не является необходимым условием для ландышевых одорантов**. Долгое время таким необходимым условием считалось наличие альдегидной группы. Однако затем (во второй половине 20 века) были обнаружены ландышевые спирты – ландышевые одоранты без C(=O)H группы. Кстати, для использования в парфюмерии **спирты** предпочтительнее **альдегидов**, поскольку они менее реакционноспособны и более устойчивы.

Расправа с ландышевыми альдегидами

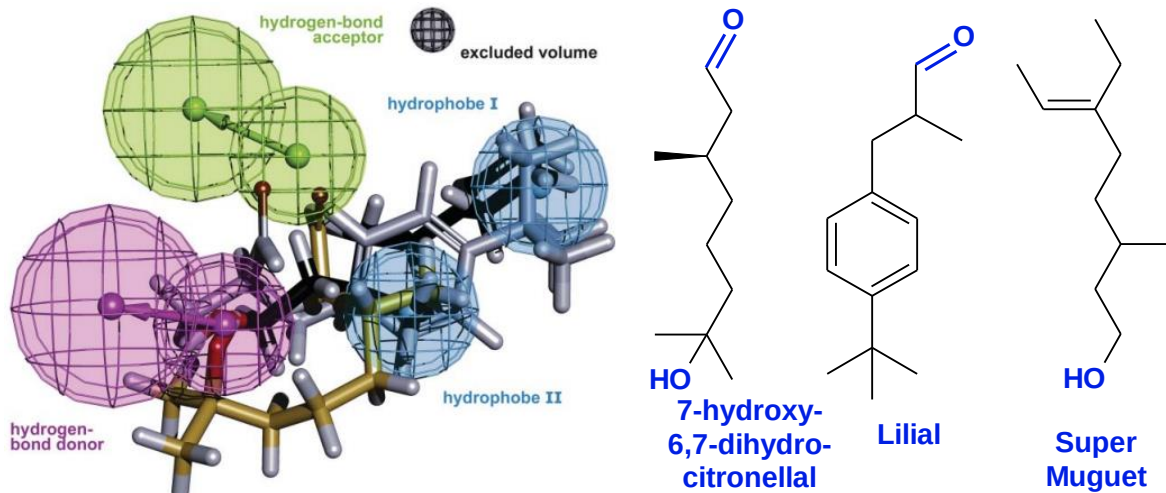
В 1990-х появились организации, контролирующие безопасность душистых веществ. И у классических ландышевых альдегидов немедленно начались проблемы. **Гидроксицитронеллаль** был обвинен в сенсibilизации кожи, и его содержание в продукте ограничено 1%. **Лилиаль** тоже назвали сенсibilизатором, к тому же он был заподозрен в мутагенности. **Лираль** и вовсе был назван одним из главнейших контактных аллергенов (**лилиаль** и **лираль** полностью забанены с 2022 года, их практически перестали выпускать, и цена на них взлетела).

Но нет худа без добра – усилия многих уважаемых людей были брошены на поиски альтернативных одорантов. В итоге химики смогли найти соединения, обладающие до 200 раз более интенсивным запахом, чем у **гидроксицитронеллала**, и при этом безопасные (ну это пока до них не добрались запрещатели). В результате вынужденного отказа от альдегидов очень востребованными оказались **ландышевые спирты**. Например, **флорол** и **цис-майол** – два замечательных спирта с запахом ландыша. А спирт **Super Muguet** дебютировал в «Marc Jacobs for Men» (2002) Ральфа Швигера; этот спирт появился в результате исследования влияния изобутенильного хвоста на запах терпенов:



Сейчас для установления особенностей строения молекул одорантов используют не банальную аналогию с ключом, а гораздо более продвинутые «ольфакторные модели». Смотрятся они загадочно, но на самом деле принципы при их построении все те же, что и у модели «ключа». Ниже показана ольфакторная модель ландышевого одоранта на примере альдегида-спирта **(R)-7-гидроксицитронеллала** (золотой), альдегида **лилиаля** (серебряный) и

спирта **Super Muguet** (черный) с двумя гидрофобными группами (синие сферы) и донорами-акцепторами водородной связи (розовые и зеленые сферы):



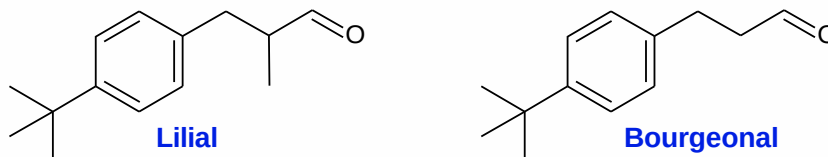
Muguet olfactophore model with the bifunctional (+)-(R)-7-hydroxy-6,7-dihydrocitronellal (in gold), the aldehyde Lilial (in silver), and the alcohol Super Muguet (in black)

Хотя такие модели ольфактофоров выглядят как модели рецепторов (так что в принципе их можно накладывать на сайты связывания рецепторов), на самом деле это всего лишь набор структурных особенностей, определяющих характер запаха. В реальности чаще всего бывает, что два и более обонятельных рецептора участвуют в кодировании определенного запаха, поэтому модель ольфактофора должна представлять собой комбинацию признаков для разных рецепторов. Модели ольфактофоров важны для поиска, например, новых безопасных душистых веществ на замену «забаненным» – тому же лиралу.

Бурженаль – чудо-одорант, приманка для сперматозоидов



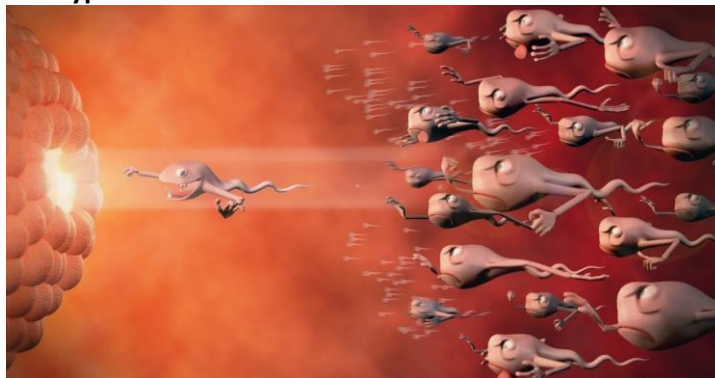
Еще в конце 1950-х химиками компании **Givaudan** было найдено интересное вещество с ландышевым профилем, получившее название **бурженаль (bourgeonal)**. **Бурженаль** отличается от **лилиала** отсутствием метила в боковой цепи (то есть отсутствием «профильной группы»):



Бурженаль пользовался некоторым успехом у парфюмеров благодаря своим зелёным и альдегидным нотам, но настоящей звездой он стал в начале 2000-х, когда обнаружилось, что **бурженаль влияет на поведение человеческих сперматозоидов**, заставляя их гораздо более резко плыть к яйцеклетке.

Яйцеклетка испускает вещества-аттрактанты, привлекающие сперматозоиды. Эти вещества открывают ионные каналы в сперматозоидах; в результате сперматозоидные хвосты начинают

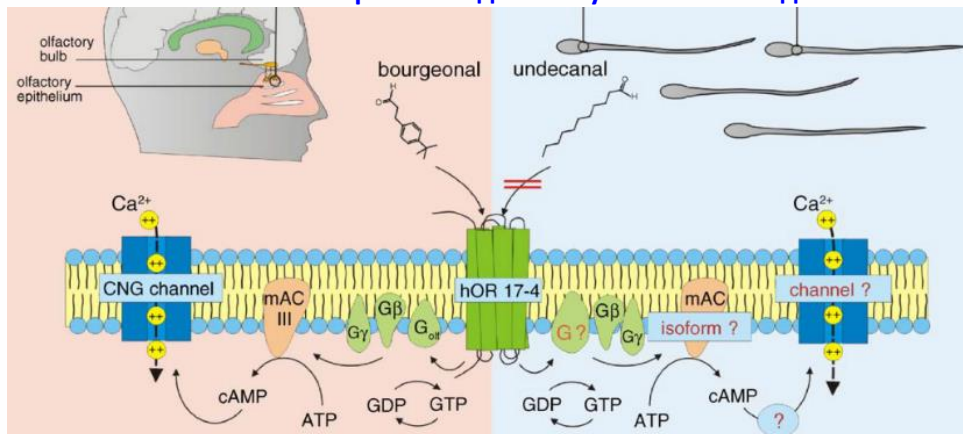
извиваться, и скорость движения сперматозоидов на пути к яйцеклетке резко возрастает. Таким аттрактантом и является **бурженаль**.



Еще в 1991 году было установлено, что в организме животных (включая человека) **обонятельные рецепторы (OR)** находятся не только в обонятельном эпителии, но и рассыпаны по множеству других несенсорных органов и тканей, включая яички и сперму. Но только в 2006 году были описаны первые **тестикулярные OR** млекопитающих **hOR17-4** и **mOR23** в сперме человека (**h**) и мыши (**m**).

В работе 2006 года «*Odorant receptors and olfactory-like signaling mechanisms in mammalian sperm*» (Spehr, Schwane, Riffell, Zimmer & Hatt. Molecular and Cellular Endocrinology, 2006, 250(1-2), 128) было показано, что **testicular olfactory receptor hOR17-4** (он же **OR1D2**) активируется синтетическим ландышевым одорантом **бурженалем** и конкурентно ингибируется **ундеканалем**. Активация рецептора запускает cAMP-зависимый сигнальный каскад, открывающий кальциевые каналы в сперматозоиде, что резко увеличивает скорость его движения. К сожалению, такой эффект на сперматозоиды оказывает только очень высокая концентрация бурженала, делающая невозможным его практическое применение.

После выхода статьи интернет буквально завалило публикациями разной степени адекватности с заголовками типа «**Сперматозоиды плывут на запах ландыша**».



Testicular olfactory receptor hOR17-4 (OR1D2) активируется синтетическим ландышевым одорантом бурженалем и конкурентно ингибируется ундеканалем. В обеих системах активация рецептора запускает cAMP-зависимый сигнальный каскад.

Аромат живого ландыша

Все упоминавшиеся выше одоранты с запахом ландыша являются синтетическими веществами, не встречающимися в природе. А как же устроен аромат природного ландыша?

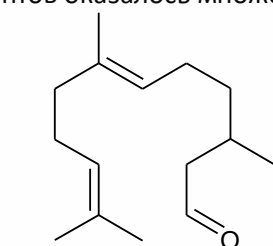
Поскольку получить эфирное масло из ландыша классическими средствами невозможно (в ландыше мало душистых веществ и все они разрушаются в процессе извлечения), изучить состав ландышевого аромата смогли лишь тогда, когда появились современные инструментальные методы анализа.



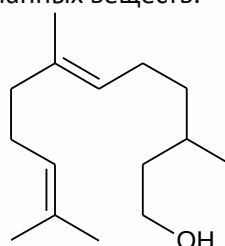
Роман Кайзер и его технология Headspace (но цветок, конечно, не ландыш)

В 1970-х швейцарский химик-парфюмер компании **Givaudan** Роман Кайзер разработал уникальную технологию «**HeadSpace**» для улавливания аромата живых цветов (и, в принципе, любых предметов). Исследуемый объект размещают в колбе, воздух из нее насосом прокачивают через трубку, содержащую контейнер с адсорбентом, впитывающим пахучие вещества. Летучие вещества с адсорбента анализируют с помощью газовой хроматографии и масс-спектрометрии с получением в итоге их характеристик (времени удерживания на колонке, масс-спектра, а если повезет с молекулярным ионом, то и брутто-формулы).

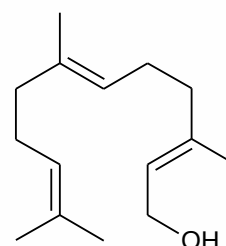
Среди испускаемых **цветками ландыша** веществ Кайзер обнаружил сесквитерпеноид **2,3-дигидрофарнезаль**, который он счёл вносящим основной вклад в формирование запаха ландыша. Помимо этого, были обнаружены **2,3-дигидрофарнезол**, **фарнезол** и другие родственные им соединения; **бензиловый спирт** и другие розовые спирты; **транс-розенноксид**; терпены (**мирцен**, **оцимен**), спирт листьев (**цис-3-гексенол**) и его производные; **индол**. Среди минорных компонентов оказалось множество неопознанных веществ.



2,3-dihydrofarnesal



2,3-dihydrofarnesol



farnesol

Фарнезол – сесквитерпеновый спирт (C₁₅), чьи сильноразбавленные растворы имеют устойчивый запах ландыша. Фарнезол, кстати, получил свое название от эфирного масла цветков акации Фарнезе (*Acacia farnesiana*), где он впервые был идентифицирован. Сама же акация названа в честь римского кардинала Алессандро Фарнезе, создателя «садов Фарнезе» в Риме.

2,3-Дигидрофарнезаль встречается не только в аромате цветков ландыша, но и цветков лимона, а также орхидей *Phalaenopsis japonica*. На сегодняшний день это единственный пахнущий ландышем компонент, обнаруженный в аромате цветов ландыша – но он недостаточно силен, чтобы считать его главным веществом, отвечающим за запах ландыша.

Если раньше вся ландышевая «синтетика» существовала параллельно природе, то недавно эти два мира наконец пересеклись. В 2012 году компания **Takasago** запатентовала и наладила процесс производства **(3S)-дигидрофарнезала (L-dihydrofarnesal)** под торговым названием **Biomuguet** (*биомюгэ*). Это вещество обладает свежим, цветочно-альдегидным, озоновым, ландышевым запахом; компания **Takasago** назначила его отвечающим за запах природного ландыша. Модный продукт **Biomuguet** идет в ногу со временем – он производится из возобновляемых ресурсов и легко разлагается микроорганизмами. Так, исходным веществом для синтеза служит **мирцен**, который производят сбраживанием тростникового сахара генно-модифицированными дрожжами.

Компания **Takasago** утверждает, что на сегодняшний день **Biomuguet** – это единственный одорант ландыша, «идентичный натуральному». **Biomuguet** присутствует в модном аромате *Narciso Rodriguez Narciso Eau de Parfum Ambrée* (2020), который представляет собой абстрактный этюд на тему закатного света.

