

DOI: 10.31862/2500-2961-2024-14-3-391-403

УДК 159.91:612.86

**Т.К. Лактионова, В.В. Вознесенская**

Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова  
Российской академии наук,  
119071 г. Москва, Российская Федерация

## Химическая коммуникация человека: краткий систематический обзор

За последнее десятилетие представления о значении обоняния и роли химической коммуникации в жизни человека претерпели существенные изменения. Были накоплены убедительные данные об эффектах, опосредованных запахом тела человека. При этом не было идентифицировано ни одного конкретного вещества или смеси нескольких веществ, отвечающих критериям химического сигнала / феромона человека. Также остаются малоизвестны физиологические и молекулярные механизмы наблюдаемых эффектов. В данной работе мы выполнили первичный систематический анализ научных публикаций, посвященных химической коммуникации человека, полученных из базы данных PubMed. Мы сделали выборку из 103 статей и проанализировали их по следующим критериям: состав и концентрация предполагаемых химических сигналов; источник химического сигнала; пол и возраст испытуемых, их состояние здоровья; кратность предъявления химического сигнала и наличие привыкания к нему; эффекты воздействия предполагаемых химических сигналов, а также методы их оценки. В качестве основных пробелов в исследованной выборке можно отметить выбор в пользу молодых здоровых испытуемых в возрасте 18–49 лет в большинстве работ. Также очевидна недостаточность тестирования конкретных веществ, по сравнению с интактным запахом тела

© Лактионова Т.К., Вознесенская В.В., 2024

Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License  
The content is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



(пота), что связано с трудностью поиска подходящих кандидатов на роль химического сигнала. При этом следует отметить разнообразие методов и подходов, использованных в описанной выборке работ. Мы провели поиск в базе данных PubMed как одной из самых обширных и общедоступных по строгим заданным параметрам поиска, что с одной стороны, дает достаточно объективную, но, с другой стороны, несколько ограниченную оценку опубликованного массива данных по заданной тематике.

**Ключевые слова:** химическая коммуникация, человек, запах тела, химический сигнал, феромон

ССЫЛКА НА СТАТЬЮ: Лактионова Т.К., В.В. Вознесенская В.В. Химическая коммуникация человека: краткий систематический обзор // Социально-экологические технологии. 2024. Т. 14. № 3. С. 391–403. DOI: 10.31862/2500-2961-2024-14-3-391-403

DOI: 10.31862/2500-2961-2024-14-3-391-403

**T.K. Laktionova, V.V. Voznessenskaya**

Severtsov Institute of Ecology and Evolution,  
Russian Academy of Sciences,  
Moscow, 119071, Russian Federation

## Human chemical communication: A brief systematic review

Over the past decade, our understanding of the role of olfaction and chemical communication in human's life has dramatically changed. A lot of convincing data have been collected on the effects mediated by human body odor. However, no specific substance or combination of substances has yet been identified as a human chemical signal or pheromone. The physiological and molecular mechanisms underlying these effects are still not fully understood. In this paper, we conducted a primary, systematic analysis of scientific literature on human chemical communication using the PubMed database. We selected 103 relevant publications and analyzed them according to various criteria, such as composition and concentration of putative chemical signals, the source of chemical signals; gender and age of participants, their health status; frequency of exposure to the signal, and whether habituation occurred;

effects of putative chemical signals and the methods of assessment were investigated. The main limitations of selected studies included a focus on young, healthy subjects 18–49 years old in most cases, as well as a lack of testing for specific substances compared to natural body odor (sweat), which is associated with difficulties in finding suitable candidates. At the same time, a variety of methods were used in the reviewed studies. We conducted a search of the PubMed database which is one of the most comprehensive and widely available sources. Using strict search parameters, we obtained a fairly objective, albeit somewhat limited, assessment of published data on this topic.

**Key words:** chemical communication, human, body odor, chemical signal, pheromone

CITATION: Laktionova T.K., Voznessenskaya V.V. Human chemical communication: A brief systematic review. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2024. Vol. 14. No. 3. Pp. 391–403. (In Rus.) DOI: 10.31862/2500-2961-2024-14-3-391-403

## Введение

Исследования последних десятилетий коренным образом изменили представления о значении обоняния в жизни человека и подтвердили факт того, что отнесение человека к микросматикам было ошибочным [Lundström, Olsson, 2010; Bushdid, Magnasco, Vosshall et al., 2014; McGann, 2017; Loos, Schaal, Pause et al., 2023]. Пандемия COVID-19 способствовала росту интереса к исследованию обоняния человека, поскольку одним из основных симптомов COVID-19 было резкое ухудшение или же полное исчезновение обоняния и вкуса [Parma, Ohla, Veldhuizen et al., 2020; Gerkin, Ohla, Veldhuizen et al., 2021; Nguyen, Albayay, Höchenberger et al., 2023], долговременное восстановление которых сопровождалось паросмией, т.е. искажением запахов [Ohla, Veldhuizen, Green et al., 2022]. Вместе с тем, полная потеря обоняния или ослабление его остроты значительно снижают качество жизни человека, а также могут приводить к пищевым отравлениям, отравлению бытовым газом, снижению информированности о наличии опасных загрязнений в воздухе и др. [Stevenson, 2010; Boesveldt, Postma, Boak et al., 2017].

Пересмотр представлений о морфофункциональной организации обонятельного анализатора человека, а также экспериментальные доказательства того, что чувствительность к запахам напрямую не связана с объемами рецепторного пула и нейроанатомического субстрата,

стимулировали рост интереса к химической коммуникации человека [Wyatt, 2020; Вознесенская, Ключникова, Лактионова, 2021]. Химическая коммуникация подразумевает наличие, по меньшей мере, одного индивида (донора), испускающего химический сигнал, который может быть принят, по меньшей мере, одним другим индивидуумом (реципиентом) [Loos, Schaal, Pause et al., 2023].

Традиционно химические сигналы, вещества феромональной природы разделяют в зависимости от оказываемого эффекта на резинг- и праймер-феромоны, позднее для человека были дополнительно предложены термины «модуляторные» и «сигнальные» феромоны / химические сигналы [Jacob, McClintock, 2000].

Вероятность существования химических сигналов с резинг-эффектом у человека крайне мала, поскольку ответ человека на внешние сигналы не столь жестко детерминирован, как, например, у насекомых, и может зависеть от целого набора параметров [Loos, Schaal, Pause et al., 2023], таких как социальный контекст, когнитивные и культурные факторы (ожидания, стереотипы) или индивидуальное состояние (состояние здоровья, гормональный статус, эмоциональное состояние).

Примером воздействия химических сигналов человека с праймер-эффектом является широко известный феномен менструальный синхронии [McClintock, 1971], который по-прежнему вызывает много дебатов. Кроме того, известны единичные исследования роли обонятельных сигналов мужчин в регуляции менструальных циклов женщин [Cutler, Preti, Krieger et al., 1986; Preti, Wysocki, Barnhart et al., 2003; Вознесенская, Лактионова, 2018; Laktionova, Kvasha, Voznessenskaya, 2020].

Когда речь идет о передаче информации о таких состояниях, как болезнь, эмоции, физиологический статус или даже сексуальная ориентация донора запаха, то можно говорить о сигнальных феромонах / химических сигналах. Предполагается, что запах тела человека может передавать информацию как о более устойчивых «чертах» личности, например, особенностях генетики или возрасте, так и о динамическом эмоциональном состоянии [de Groot, Semin, Smeets, 2017].

Наконец, химические сигналы могут также воздействовать на эмоциональное состояние реципиента, а не только передавать информацию об эмоциональном состоянии донора. Такое воздействие возможно, поскольку обонятельный анализатор млекопитающих тесно связан с лимбической системой мозга, отвечающей за эмоции [Wilson, Chapuis, Sullivan, 2015; de Groot, Kirk, Gottfried, 2021].

Однако к настоящему времени не было идентифицировано ни одного конкретного вещества / смеси нескольких веществ, играющих роль

химического сигнала человека. Остаются малоизвестны физиологические и молекулярные механизмы химической коммуникации человека.

Целью данной работы была первичная систематическая аннотация оригинальных статей из базы данных PubMed, посвященных химической коммуникации человека.

PubMed является одной из самых крупных общедоступных баз данных биомедицинской литературы, которую посещают около 2,5 млн пользователей ежедневно [Fiorini, Lipman, Lu, 2017]. В данной работе мы планировали выявить пробелы в охвате научными исследованиями интересующей области.

## Методы

Поиск литературы осуществлялся в соответствии с принципами PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis, <http://www.prisma-statement.org/>) [Pati, Lorusso, 2018]. Поиск был проведен в общедоступной базе данных PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>) по исследованиям, опубликованным в период с момента создания базы данных по 9 января 2024 г., по комбинации ключевых слов с использованием логических операторов: (human OR man OR woman) AND (chemosignal OR (body AND odor) OR (axillary AND secretions) OR pheromone) AND (communicate OR (menstrual AND cycle) OR mood) NOT (insect OR cancer).

В результате была получена выборка из 650 статей. После ознакомления с названиями и резюме статей из списка были исключены 479 статей. Из них 169 представляли собой обзоры, не содержащие оригинальных данных. Кроме того, были исключены 310 публикаций, поскольку они не соответствовали предмету данного обзора. Часть исключенных исследований была выполнена не на человеке, остальные были посвящены межвидовой химической коммуникации, влиянию других пахучих веществ (например, пищи или эфирных масел) или общим/частным вопросам физиологии обоняния и метаболизма. После этого оставшиеся 171 публикация были рассмотрены более детально. Дополнительно были исключены 58 статей с мультисенсорной методикой, поскольку они представляют собой отдельное направление исследований. Следует отметить, что большая часть таких публикаций вышла за последнее десятилетие. Также были исключены 9 статей, в которых не было реципиента химического сигнала (например, исследования, связанные с изучением состава подмышечного секрета). Наконец, одна статья была исключена, поскольку не было раскрыто вещество, предполагаемое на роль химического сигнала.

Для анализа оставшегося списка из 103 статей были поставлены следующие вопросы. В качестве источника химических сигналов использовали интактный запах тела (пота) или предполагаемые активные фракции или компоненты пота? Оценивался ли эффект дозы для фракции или компонентов пота? С какой части/частей тела собирали пот? Каков был пол и возраст испытуемых? Была ли коммуникация между людьми одного или противоположного пола? Были ли испытуемые здоровы и принимали ли они какие-либо медицинские препараты? Было ли воздействие предполагаемыми химическими сигналами одноразовым или многократным и было ли привыкание? Каковы были оцениваемые эффекты химических сигналов: физиологические, поведенческие, модуляторные? Какими методами проводилась оценка эффектов?

### Результаты и обсуждение

Отобранные 103 статьи, соответствующие всем критериям, описанным в разделе «Методы», опубликованы в базе данных Mendeley Data (<https://data.mendeley.com/datasets/5bmrm8sc7h/1>, DOI: 10.17632/5bmrm8sc7h.1). Статьи имели даты публикации с 1975 по 2024 г., причем до 2000 г. это были единичные статьи, а более половины статей (59) вышло после 2009 г. Это хорошо согласуется с переосмыслением как значения обоняния в жизни человека в целом, так и роли химической коммуникации в частности за последнее десятилетие.

В 69 статьях (66,99%) в качестве источника химических сигналов был использован интактный секрет / пот из подмышечных впадин или его цельный экстракт. Это объясняется тем, что наиболее вероятным источником химических сигналов человека в настоящее время признаны апокриновые железы в подмышечных впадинах [Prokop-Prigge, Greene, Varallo et al., 2016].

Выделения из подмышечных впадин являются идеальным источником химических сигналов, поскольку подмышечные впадины находятся недалеко от носа реципиента, волосы в подмышечной области обеспечивают влажную среду и увеличивают площадь поверхности испарения, поэтому плотность популяции и разнообразие кожных бактерий в подмышечной области значительно выше по сравнению, например, с поверхностью кожи на предплечье [Grice, Kong, Conlan et al., 2009]. Неоспоримым преимуществом таких работ является то, что компоненты секрета представлены в физиологических концентрациях [Wyatt, 2015], а кроме того, как уже сказано выше, конкретные вещества – химические сигналы – пока не были установлены.

Тем не менее, в 32 статьях (31,1%), в том числе и за последние годы, использовали компоненты пота, так называемые летучие стероиды: андростенон (5 $\alpha$ -андрост-16-ен-3-он), андростенол (5 $\alpha$ -16-андростен-3- $\alpha$ -ол), андростадиенон ( $\delta$  4,16-андростодиен-3-он, AND), и/или эстра-траенол (эстра-1,3,5(10),16-тетраен-3-ол, EST).

В настоящее время использование данных веществ под видом «предполагаемых феромонов человека» подвергается серьезным сомнениям [Wyatt, 2020]. При этом важную роль играет доза предъявляемого вещества, поскольку феромональные эффекты должны проявляться при использовании физиологических концентраций химического сигнала. Из литературы [Gower, Holland, Mallet et al., 1994] известно, что в свежесобранном апокриновом секрете концентрация андростадиенона составляла в среднем 0,44 нмоль/мл = 440  $\mu$ M, андростенона – 0,84 нмоль/мл = 840  $\mu$ M, андростенол практически отсутствовал, но синтезировался позже уже на поверхности кожи под воздействием бактерий из андростенона и андростадиенона, т.е. количество андростенола не может превышать суммарное количество андростенона и андростадиенона. Из всех работ по летучим стероидам, за исключением работ по определению порогов чувствительности (5 статей), для которых очевидно применение диапазона концентраций, лишь в двух работах были использованы околофизиологические концентрации стероидов, в остальных работах концентрации были или меньше, или больше. Причем часто критерием выбора той или иной концентрации выступал не биологический смысл, а применение такой концентрации в более ранних работах других авторов.

Только в трех статьях были использованы другие компоненты пота – органические кислоты: Е-3-метил-2-гексеновая кислота (Е-3М2Н) и 3-гидрокси-3-метилгексеновая кислота (НМНА).

В единичных статьях использовали выделения с груди кормящей женщины, молозиво и молоко, амниотическую жидкость, вагинальные выделения, мочу младенца, HLA-ассоциированные пептиды. Отбор и тестирование других химических веществ – кандидатов на роль химических сигналов – является крайне сложной задачей, учитывая, что естественный запах тела человека может включать около 1846 летучих органических соединений (англ. VOCs) [Drabińska, Flynn, Ratcliffe et al., 2021], при этом около 822 соединений были идентифицированы на коже здорового человека [Mitra, Choi, Boshier et al., 2022].

Общепризнанной методикой сбора подмышечных выделений (55 статей) является использование хлопковых дисков, прикрепляемых к подмышечной области донора на некоторое время (от ~20 минут

до 24 часов), поверх которых могут надевать хлопковую чистую футболку, или же только чистой футболки, из которой после сбора секрета вырезают подмышечную область.

Почти половина публикаций (48,5%) была посвящена химической коммуникации между мужчинами и женщинами. Меньшая часть, а именно 29 и 18 публикаций, – химической коммуникации между женщинами или между мужчинами соответственно. Всего 9 публикаций было посвящено химической коммуникации между матерью и ребенком/новорожденным, и лишь 1 статья – химической коммуникации между мужчинами и подростками.

В большей части исследований (79,6%) в качестве доноров и реципиентов химических сигналов были привлечены взрослые здоровые мужчины и/или женщины в возрасте от 18 до 49 лет. Количество исследований, в которых в качестве донора или реципиента выступали дети или подростки до 18 лет, составило 14,6% от общего числа, в то время как взрослые мужчины и женщины старше 50 лет были привлечены лишь в 6,8% исследований. Вероятно, это может привести к недооценке истинного значения химической коммуникации у человека, поскольку наиболее важные адаптивные преимущества обоняния обнаруживаются в младенчестве и детстве [Roberts, Havlicek, Schaal, 2020]. В работе [Loos, Doucet, Védrières et al., 2017] показано, что новорожденные даже более чувствительны к компонентам запаха пота, чем взрослые.

В подавляющем большинстве публикаций в качестве доноров химических сигналов выступали здоровые мужчины, женщины или дети. Для женщин дополнительным требованием являлся отказ от использования гормональных контрацептивов. Лишь в одной статье были привлечены доноры с респираторным заболеванием для изучения вопроса, может ли реципиент определить наличие болезни по запаху (сигнальный эффект), и как ее наличие влияет на привлекательность запаха тела донора [Sarolidou, Tognetti, Lasselin et al., 2020].

В случае с реципиентами химических сигналов картина выглядела аналогичным образом. В большинстве публикаций (95,2%) в качестве реципиентов также выступали здоровые мужчины, женщины или дети. Однако в некоторых публикациях встречались реципиенты с такими заболеваниями или состояниями, как слепота (2 публикации), аутизм (1 публикация), аносмия (1 публикация), шизофрения (1 публикация). Три работы были связаны с влиянием оральной контрацепции на химическую коммуникацию у женщин.

В 23 статьях (22,3%) воздействие предполагаемыми химическими сигналами было однократным, в том числе и продолжительным



(до 17 часов), в 9 статьях (8,7%) – двухкратным. В 70 статьях (67,9%) воздействие было многократным, однако в большинстве из них были использованы сигналы от разных доноров (30 статей), и/или разные химические сигналы (20 статей), и/или разные концентрации химических сигналов (5 статей), поэтому оценить привыкание к их воздействию не представляется возможным. Еще в 7 статьях были изложены отрицательные результаты, т.е. предполагаемого эффекта от воздействия химического сигнала не было. Только в 18 исследованиях было показано отсутствие привыкания к химическим сигналам при многократном предъявлении стимула, причем 11 из них имели продолжительность от 1 месяца.

Эффекты от воздействия химических сигналов в описываемой выборке работ были довольно разнообразны, при этом отнести их однозначно к праймер-, релизинг-, модуляторным или сигнальным в ряде случаев было довольно сложно. Тем не менее, в 19 работах (18,4%) был описан модуляторный эффект, т.е. изменение эмоционального состояния реципиента под воздействием химических сигналов. Еще 19 статей (18,4%) были посвящены изучению праймер-эффектов химических сигналов, т.е. воздействию на физиологическое состояние реципиента. В 32 работах (31,1%) были описаны так называемые сигнальные эффекты, в этом случае химический сигнал «сообщает» какую-либо информацию о доноре сигнала. Причем эта информация может включать как данные об относительно стабильных характеристиках донора, например, генетических особенностях, возрасте, состоянии здоровья, так и о динамическом эмоциональном состоянии [de Groot, Semin, Smeets, 2017]. Наконец, описание релизинг-эффекта можно было найти в двух работах, причем реципиентом сигнала в них выступали младенцы.

Исследование описанных выше эффектов проводили с помощью стандартных методов, которые можно разделить на психологические и (нейро)физиологические. К методам психологической диагностики относятся разнообразные шкалы, опросники, самоотчеты и игры. В качестве примеров можно привести такие как визуально-аналоговая шкала (англ. VAS), дискретная шкала Лайкерта (англ. Likert scale), шкала тревоги Ч.Д. Спилбергера (англ. State-Trait Anxiety Inventory), шкала депрессии Бека (англ. Beck Depression Inventory), шкала позитивного и негативного аффекта (англ. PANAS), профиль состояний настроения (англ. The Profile of Mood States), игра в диктатора (англ. dictator game), риск-игра Хеглера (англ. Haegler's Risk Game) и многие другие.

В 88 публикациях (85,4%) эффект воздействия химических сигналов проводился в том числе с помощью психологических методов.

Психологические методы позволяют учесть индивидуальные особенности и роль контекста в формировании ответа на предъявление химического сигнала [Loos, Schaal, Pause et al., 2023].

К физиологическим методам относятся функциональная МРТ (англ. fMRI), электроэнцефалография (ЭЭГ), измерение частоты сердечных сокращений, электрической активности кожи, кровяного давления, температуры кожи, брюшного и грудного дыхания, базальной температуры тела и другие. Оценка праймер-эффекта невозможна также без измерения уровня гормонов в различных средах. В нескольких работах также требовалось генотипирование. Такие физиологические методы были использованы в 42 исследованиях (40,8%). Во всех работах, в которых определяли пороги чувствительности к одорантам, использовали тест с принудительным выбором, чаще всего из двух или трех альтернатив (англ. alternative forced choice test (AFC)).

### **Заключение и выводы**

В данной работе мы выполнили систематический анализ научных публикаций, проиндексированных базой данных PubMed с 1975 по 2024 г., посвященных химической коммуникации человека. На основании проделанной работы можно сделать следующие выводы.

Количество работ по химической коммуникации растет за последние 10–15 лет, что отражает переосмысление роли обоняния и химической коммуникации в жизни человека. При этом большинство работ выполнена на молодых здоровых испытуемых обоих полов; работ, выполненных при участии детей и пожилых людей, значительно меньше. В большинстве работ использовались стандартные психологические и физиологические методы. Несмотря на широкий спектр эффектов, которые опосредованы веществами, содержащимися в подмышечных выделениях, ученые пока далеки от определения конкретных соединений – химических сигналов человека; данная задача, по-видимому, требует систематического подхода [Wyatt, 2015]; при этом простой перебор всех веществ, выделяемых человеком в окружающую среду, практически невозможен.

Мы провели поиск в базе данных PubMed как одной из самых обширных и общедоступных, по строгим заданным параметрам поиска, что с одной стороны, дает достаточно объективную, но, с другой стороны, несколько ограниченную оценку опубликованного массива данных по заданной тематике. Для наиболее полной картины в перспективе возможно проанализировать и другие базы данных.

## Библиографический список / References

Вознесенская В.В., Лактионова Т.К. Влияние секрета из подмышечных впадин мужчин на регуляцию менструальных циклов женщин // Доклады Академии наук. 2018. Т. 478 (4). С. 488–490. [Voznessenskaya V.V., Laktionova T.K. Influence of the male axillary extracts on regulation of menstrual cycles in women. *Doklady. Biological Sciences*. 2018. Vol. 478 (4). Pp. 488–490. (In Rus.)]

Вознесенская В.В., Ключникова М.А., Лактионова Т.К. Эволюция феромонов млекопитающих // Журнал общей биологии. 2021. Т. 82 (2). С. 112–128. [Voznessenskaya V.V., Klyuchnikova M.A., Laktionova T.K. Evolution of pheromones in mammals. *Biology Bulletin Reviews*. 2021. Vol. 82 (2). Pp. 112–128. (In Rus.)]

Boesveldt S., Postma E.M., Boak D. et al. Anosmia – a clinical review. *Chemical Senses*. 2017. Vol. 42 (7). Pp. 513–523.

Bushdid C., Magnasco M.O., Vosshall L.B. et al. Humans can discriminate more than 1 trillion olfactory stimuli. *Science*. 2014. Vol. 343 (6177). Pp. 1370–1372.

Cutler W.B., Preti G., Krieger A. et al. Human axillary secretions influence women's menstrual cycles: The role of donor extract from men. *Hormones and Behavior*. 1986. Vol. 20 (4). Pp. 463–473.

de Groot, J.H.B., Kirk P.A., Gottfried J.A. Titrating the smell of fear: Initial evidence for dose invariant behavioral, physiological, and neural responses. *Psychological Science*. 2021. Vol. 32 (4). Pp. 558–572.

de Groot J.H.B., Semin G.R., Smeets M.A.M. On the communicative function of body odors: A theoretical integration and review. *Perspectives on Psychological Science*. 2017. Vol. 12 (2). Pp. 306–324.

Drabińska N., Flynn C., Ratcliffe N. et al. A literature survey of all volatiles from healthy human breath and bodily fluids: the human volatilome. *Journal of Breath Research*. 2021. Vol. 15. 034001.

Fiorini N., Lipman D.J., Lu Z. Towards PubMed 2.0. *Elife*. 2017. Vol. 6. e28801.

Gerkin R.C., Ohla K., Veldhuizen M.G. et al. Recent smell loss is the best predictor of COVID-19 among individuals with recent respiratory symptoms. *Chemical Senses*. 2021. Vol. 46. bjaa081.

Gower D.B., Holland K.T., Mallet A.I. et al. Comparison of 16-androstene steroid concentrations in sterile apocrine sweat and axillary secretions: Interconversions of 16-androstenes by the axillary microflora – a mechanism for axillary odour production in man? *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*. 1994. Vol. 48 (4). Pp. 409–418.

Grice E.A., Kong H.H., Conlan S. et al. Topographical and temporal diversity of the human skin microbiome. *Science*. 2009. Vol. 324 (5931). Pp. 1190–1192.

Jacob S., McClintock M.K. Psychological state and mood effects of steroidal chemosignals in women and men. *Hormones and Behavior*. 2000. Vol. 37 (1). Pp. 57–78.

Laktionova T., Kvasha I., Voznessenskaya V. Male axillary secretions affect saliva LH in women depending on the phase of their menstrual cycle. *Chemical Senses*. 2020. Vol. 45 (2). Pp. 163–164.

Loos H.M., Doucet S., Védrines F. et al. Responses of human neonates to highly diluted odorants from sweat. *Journal of Chemical Ecology*. 2017. Vol. 43 (1). Pp. 106–117.

Loos H.M., Schaal B., Pause B.M. et al. Past, present, and future of human chemical communication research. *Perspectives on Psychological Science*. 2023. Pp. 1–25.

Lundström J.N., Olsson M.J. Functional neuronal processing of human body odors. *Vitamins & Hormones*. 2010. Vol. 83. Pp. 1–23.

McClintock M.K. Menstrual synchrony and suppression. *Nature*. 1971. Vol. 229. Pp. 244–245.

McGann J.P. Poor human olfaction is a nineteenth century myth. *Science*. 2017. Vol. 356 (6338). eam7263.

Mitra A., Choi S., Boshier P.R. et al. The human skin volatolome: A systematic review of untargeted mass spectrometry analysis. *Metabolites*. 2022. Vol. 12 (9). P. 824.

Nguyen H., Albayay J., Höchenberger R. et al. COVID-19 affects taste independent of taste-smell confusions: Results from a combined chemosensory home test and online survey from a large global cohort. *Chemical Senses*. 2023. Vol. 48. bjad020

Ohla K., Veldhuizen M.G., Green T. et al. A follow-up on quantitative and qualitative olfactory dysfunction and other symptoms in patients recovering from COVID-19 smell loss. *Rhinology*. 2022. Vol. 60 (3). Pp. 207–217.

Parma V., Ohla K., Veldhuizen M.G. et al. More than smell-COVID-19 is associated with severe impairment of smell, taste, and chemesthesis. *Chemical Senses*. 2020. Vol. 45 (7). Pp. 609–622.

Pati D., Lorusso L.N. How to write a systematic review of the literature. *HERD: Health Environments Research & Design Journal*. 2018. Vol. 11 (1). Pp. 15–30.

Preti G., Wysocki C.J., Barnhart K.T. et al. Male axillary extracts contain pheromones that affect pulsatile secretion of luteinizing hormone and mood in women recipients. *Biology of Reproduction*. 2003. Vol. 68 (6). Pp. 2107–2113.

Prokop-Prigge K.A., Greene K., Varallo L. et al. The effect of ethnicity on human axillary odorant production. *Journal Chemical Ecology*. 2016. Vol. 42 (1). Pp. 33–39.

Roberts S.C., Havlicek J., Schaal B. Human olfactory communication: Current challenges and future prospects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 2020. Vol. 375 (1800). 20190258.

Sarolidou G., Tognetti A., Lasselin J. et al. Olfactory communication of sickness cues in respiratory infection. *Frontiers in Psychology*. 2020. Vol. 11. 1004.

Stevenson R.J. An initial evaluation of the functions of human olfaction. *Chemical Senses*. 2010. Vol. 35. Pp. 3–20.

Wilson D.A., Chapuis J., Sullivan R.M. Cortical olfactory anatomy and physiology. *Handbook of olfaction and gustation*. 3d ed. Chapter 10. R.L. Doty (ed.). John Wiley & Sons, Inc., 2015. Pp. 209–223.

Wyatt T.D. The search for human pheromones: The lost decades and the necessity of returning to first principles. *Proceedings of the Royal Society B*. 2015. Vol. 282 (1804). Pp. 2014–2099.

Wyatt T.D. Reproducible research into human chemical communication by cues and pheromones: Learning from psychology's renaissance. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 2020. Vol. 375 (1800). 20190262.

Статья поступила в редакцию 27.05.2024, принята к публикации 18.07.2024  
The article was received on 27.05.2024, accepted for publication 18.07.2024

### Сведения об авторах / About the authors

**Лактионова Татьяна Константиновна** – младший научный сотрудник лаборатории инновационных технологий, Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова Российской академии наук, г. Москва

**Tatiana K. Laktionova** – junior researcher at the Laboratory of Innovative Technologies, A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

ORCID: 0000-0002-9753-023X

E-mail: tatita.laktionova@gmail.com

**Вознесенская Вера Васильевна** – кандидат биологических наук; ведущий научный сотрудник лаборатории инновационных технологий, Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова Российской академии наук, г. Москва

**Vera V. Voznessenskaya** – PhD in Biology; leading researcher at the Laboratory of Innovative Technologies, A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

ORCID: 0000-0002-6138-2060

E-mail: veravoznessenskaya@gmail.com

### Заявленный вклад авторов

**Лактионова Т.К.** – общая концепция, сбор и анализ данных, подготовка текста рукописи

**Вознесенская В.В.** – общая концепция, критическое обсуждение и правка текста рукописи

### Contribution of the authors

**T.K. Laktionova** – conceptualization, data acquisition and analysis, writing the original manuscript draft

**V.V. Voznessenskaya** – conceptualization, critical reviewing and editing of the manuscript

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи  
All authors have read and approved the final manuscript