



ISSN INTERNATIONAL
STANDARD
SERIAL
NUMBER

ISSN
2782-4365

Проверить
номер:



Научно-образовательный электронный журнал

ОБРАЗОВАНИЕ И НАУКА В XXI ВЕКЕ

Выпуск №67-3 (том 3)
(октябрь, 2025)



Google
Scholar



Периодичность выпуска: 1 раз в неделю

Сайт: mpcareer.ru/oinv21veke. Почта: obrmpcareer@mail.ru



Международный научно-образовательный
электронный журнал
«ОБРАЗОВАНИЕ И НАУКА В XXI ВЕКЕ»

ISSN 2782-4365

УДК 37

ББК 94

**Международный научно-образовательный электронный журнал
«ОБРАЗОВАНИЕ И НАУКА В XXI ВЕКЕ». Выпуск №67-3 (том 3) (октябрь,
2025). Дата выхода в свет: 20.10.2025.**

Журнал объединяет авторов на территории стран СНГ и помогает обмениваться передовыми научно-образовательными исследованиями.

Содержит научные статьи отечественных и зарубежных авторов по экономическим, техническим, философским, юридическим и другим наукам.

Миссия научно-образовательного электронного журнала «ОБРАЗОВАНИЕ И НАУКА В XXI ВЕКЕ» состоит в поддержке интереса читателей к оригинальным исследованиям и инновационным подходам в различных тематических направлениях, которые способствуют распространению лучшей отечественной и зарубежной практики в интернет пространстве.

Целевая аудитория журнала охватывает работников сферы науки и образования (педагоги, учителя, ученые, преподаватели, научные сотрудники, бакалавры, магистранты, аспиранты).

Материалы публикуются в авторской редакции. За соблюдение законов об интеллектуальной собственности и за содержание статей ответственность несут авторы статей. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов статей. При использовании и заимствовании материалов ссылка на издание обязательна.

© ООО «МОЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ КАРЬЕРА»

© Коллектив авторов

Реджепова Бахар, Агабаев Мерген, Акадова Селби Агаюсуповна ОРГАНИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ С УЧАСТИЕМ ГАЛОГЕНОВОДОРОДОВ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ	292
Нурджанова П., Алыева Зибегезель Алыевна, Аннанурова Лейли Мурадовна ПОЛУЧЕНИЕ ПЛАСТИФИКАТОРОВ ДЛЯ БЕТОНА ИЗ ПИРОЛИЗНОГО ОСТАТКА	303
Реджепова Оразгул КАНЦЕРОГЕННОСТЬ И ИММУНОСУПРЕССИЯ ПЕСТИЦИДОВ	310
Базаров Шыхмурат, Хайтеков Пирмухаммет ИСПОЛЬЗОВАНИЕ NO-TILL ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ПШЕНИЦЫ	314
Базаров Шыхмурат, Худайберенов Нурягды, Караев Яздурды, Меляев Аганьяз УПРАВЛЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ NO-TILL ТЕХНОЛОГИЯ	318
Khudaykulov Khol Jumaevich, Makhmudov Sherali Komilovich ADMINISTRATIVE COMPETENCIES NECESSARY TO OWN BY THE FUTURE LEADER IN PREPARING STUDENTS AND YOUTHS FOR ADMINISTRATIVE ACTIVITY	321
Юлдашова Хурмагул, Курбанова Гуловсер, Ёлдашова Гулзар, Аманмедов Езиз ПЕРВЫЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ОЧАГИ ТУРКМЕНИСТАНА В ИСТОРИИ	328
Гурбанлыева Б., Акмырадов А., Амандырдыева М., Атаева Г. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ	332
Гурбанлыева Б., Батыров А., Човдуров М., Дурдымырадова А. ФИНАНСОВАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ КОММЕРЧЕСКИХ БАНКОВ	338
Мередова Г., Сейитназарова З., Гелдымурадова Б., Гурбанлиева М. ЗНАЧЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ В РАЗВИТИИ БАНКОВСКИХ УСЛУГ	344
Мередова Г., Абдуллаева Ш., Сейитназарова Г., Байрамова А. РОЛЬ БАНКОВСКИХ КРЕДИТОВ В КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ БАНКОВСКОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОЙ РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКИ	350
Оразмаммедова Ш., Бегенджова Н., Беллиева О. БАНКОВСКИЕ ОПЕРАЦИИ	356
Сапарова О.Д., Абдуллаев М., Адырова А., Алламырадов Р.	361

ФИО автора(-ов): *Реджепова Бахар*

Преподаватель химического факультета туркменского государственного университета имени Махтымкули

Агабаев Мерген, Акадова Селби Агаюсуповна

Студенты химического факультета туркменского государственного университета имени Махтымкули

Название публикации: «ОРГАНИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ С УЧАСТИЕМ ГАЛОГЕНОВОДОРОДОВ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ»

Аннотация.

В представленной работе проведён всесторонний анализ роли галогеноводородов в современном органическом синтезе. Рассмотрены механизмы взаимодействия галогеноводородных кислот с различными классами органических соединений, включая алкены, алкины, спирты, эфиры и карбонильные соединения. Особое внимание уделено стереохимическим аспектам реакций присоединения и замещения, влиянию природы галогена на реакционную способность и селективность процессов. Проанализированы современные каталитические системы, позволяющие проводить реакции в более мягких условиях с высокой степенью контроля региоселективности. Представлены данные о применении галогеноводородов в синтезе биологически активных соединений и фармацевтических субстанций. Обсуждаются экологические аспекты использования галогенсодержащих реагентов и перспективы разработки более безопасных методологий.

Ключевые слова: галогеноводороды, органический синтез, реакции присоединения, механизм замещения, стереоселективность, каталитические системы, региоселективность, хлористый водород, бромистый водород, йодистый водород.

Rejepova Bahar

Lecturer at the Faculty of Chemistry of Magtymguly Turkmen State University

Agabayew Mergen, Akadova Selbi Agayusupovna

Students of the Faculty of Chemistry of Magtymguly Turkmen State University

**ORGANIC SYNTHESIS INVOLVING HYDROGEN HALIDES:
MODERN APPROACHES AND DEVELOPMENT PROSPECTS**

Abstract.

This work presents a comprehensive analysis of the role of hydrogen halides in modern organic synthesis. The mechanisms of interaction between hydrohalic acids and various classes of organic compounds, including alkenes, alkynes, alcohols, ethers, and carbonyl compounds, are examined. Special attention is paid to the stereochemical aspects of addition and substitution reactions, the influence of halogen nature on reactivity and process selectivity. Modern catalytic systems that enable reactions under milder conditions with high regioselectivity control are analyzed. Data on the application of hydrogen halides in the synthesis of biologically active compounds and pharmaceutical substances are presented. Environmental aspects of using halogen-containing reagents and prospects for developing safer methodologies are discussed.

Keywords: hydrogen halides, organic synthesis, addition reactions, substitution mechanism, stereoselectivity, catalytic systems, regioselectivity, hydrogen chloride, hydrogen bromide, hydrogen iodide.

Введение

Галогеноводороды представляют собой одну из наиболее важных групп реагентов в арсенале современного органического синтеза. Их уникальные свойства, обусловленные сочетанием высокой реакционной способности и возможности тонкого контроля над протеканием химических превращений, делают эти соединения незаменимыми инструментами для создания сложных органических молекул. Хлористый водород, бромистый водород и йодистый водород находят применение в многочисленных синтетических процессах, начиная от простых реакций присоединения к ненасыщенным углеводородам и

заканчивая сложными многостадийными синтезами биологически активных соединений.

Историческое развитие органической химии тесно связано с изучением реакционной способности галогеноводородов. Первые систематические исследования взаимодействия этих соединений с органическими субстратами были проведены ещё в девятнадцатом столетии, когда учёные начали открывать фундаментальные закономерности протекания химических реакций. Однако подлинное понимание механизмов взаимодействия галогеноводородов с органическими молекулами пришло значительно позже, с развитием современных физико-химических методов исследования и квантово-химических расчётов.

В настоящее время интерес к химии галогеноводородов переживает новый подъём, связанный с развитием концепций зелёной химии, поиском более эффективных каталитических систем и необходимостью создания экологически безопасных синтетических методологий. Современные исследования направлены на разработку селективных методов функционализации органических молекул, минимизацию образования побочных продуктов и снижение энергозатрат химических процессов. Особое значение приобретают работы по созданию каталитических систем, позволяющих проводить реакции с участием галогеноводородов в более мягких условиях при сохранении высокой селективности и выходов целевых продуктов.

Физико-химические свойства галогеноводородов и их влияние на реакционную способность

Галогеноводороды образуют гомологический ряд соединений, свойства которых закономерно изменяются при переходе от фтористого водорода к йодистому водороду. Эти изменения обусловлены увеличением атомного радиуса галогена, уменьшением электроотрицательности и соответствующим снижением энергии связи водород-галоген. Хлористый водород характеризуется достаточно высокой энергией диссоциации связи, что обеспечивает его стабильность и удобство работы с этим реагентом в лабораторных и

промышленных условиях. Бромистый водород обладает промежуточными свойствами, сочетая приемлемую стабильность с высокой реакционной способностью.

Йодистый водород представляет особый интерес благодаря своей максимальной реакционной способности среди галогеноводородов, однако его практическое применение ограничивается склонностью к окислению и разложению под действием света и кислорода воздуха. Эта особенность требует особых условий хранения и использования йодистого водорода, что в определённой степени ограничивает его широкое применение в синтетической практике. Тем не менее, именно высокая реакционная способность йодистого водорода делает его незаменимым реагентом в некоторых специфических синтетических превращениях.

Кислотность галогеноводородов также закономерно изменяется в ряду от хлористого водорода к йодистому водороду, причём последний является наиболее сильной кислотой в этом ряду. Эта закономерность находит отражение в реакционной способности галогеноводородов по отношению к различным классам органических соединений. Высокая кислотность обеспечивает эффективное протонирование субстратов, что является ключевым этапом во многих механизмах органических реакций, особенно в процессах электрофильного присоединения и нуклеофильного замещения.

Реакции присоединения галогеноводородов к ненасыщенным соединениям

Присоединение галогеноводородов к алкенам представляет собой одну из классических реакций органической химии, механизм которой был детально изучен на протяжении многих десятилетий. Процесс протекает по механизму электрофильного присоединения, где первой стадией является атака протона по двойной связи с образованием карбокатионного интермедиата. Стабильность этого интермедиата определяет региоселективность реакции, что нашло отражение в правиле Марковникова, согласно которому водород присоединяется к наиболее гидрогенизированному атому углерода двойной связи.

Современные исследования механизма присоединения галогеноводородов к алкенам с использованием квантово-химических расчётов позволили получить детальную картину электронных перестроек на каждой стадии процесса. Установлено, что природа заместителей при двойной связи оказывает существенное влияние не только на региоселективность, но и на скорость реакции присоединения. Электронодонорные заместители стабилизируют образующийся карбокатион и ускоряют процесс, тогда как электроноакцепторные группы оказывают противоположное действие, затрудняя протекание реакции.

Особый интерес представляют реакции присоединения галогеноводородов к сопряжённым диенам, где возможно образование продуктов как результат взаимодействия по типу присоединения один к двум, так и один к четырём. Соотношение этих продуктов зависит от температуры проведения реакции, природы галогена и структурных особенностей диенового фрагмента. При низких температурах обычно преобладает кинетически контролируемое присоединение, приводящее к образованию продукта взаимодействия по типу один к двум, тогда как при повышенных температурах устанавливается термодинамическое равновесие с преобладанием более стабильного продукта присоединения один к четырём.

Присоединение галогеноводородов к алкинам также представляет значительный синтетический интерес, поскольку позволяет получать винилгалогениды, являющиеся ценными синтетическими интермедиатами. Процесс обычно протекает через образование винилкатиона, стабильность которого значительно ниже по сравнению с алкильными карбокатионами. Это обстоятельство требует более жёстких условий проведения реакции или использования катализаторов. Региоселективность присоединения галогеноводородов к несимметричным алкинам также подчиняется правилу Марковникова, хотя в некоторых случаях возможно получение смесей изомеров.

Реакции замещения гидроксильной группы на галоген

Взаимодействие спиртов с галогеноводородами представляет собой один из наиболее распространённых методов получения алкилгалогенидов. Механизм этой реакции существенно зависит от структуры спирта и может протекать как по мономолекулярному механизму нуклеофильного замещения для третичных спиртов, так и по бимолекулярному механизму для первичных спиртов. Вторичные спирты занимают промежуточное положение, и механизм их превращения может варьироваться в зависимости от конкретных условий проведения реакции.

Ключевым этапом взаимодействия спиртов с галогеноводородами является протонирование гидроксильной группы, что превращает её в хорошую уходящую группу в виде молекулы воды. Для третичных спиртов последующий распад протонированной формы приводит к образованию стабильного карбокатиона, который затем быстро реагирует с галогенид-ионом. Этот механизм объясняет высокую скорость реакции третичных спиртов с галогеноводородами по сравнению с первичными и вторичными аналогами. Следует отметить возможность протекания побочных процессов, таких как элиминирование и перегруппировки карбокатионных интермедиатов, что может снижать выход целевых продуктов.

Первичные спирты взаимодействуют с галогеноводородами значительно медленнее, что обусловлено реализацией бимолекулярного механизма нуклеофильного замещения. В этом случае атака галогенид-иона происходит одновременно с отщеплением молекулы воды, без образования дискретного карбокатионного интермедиата. Такой механизм характеризуется высокой стереоспецифичностью и приводит к обращению конфигурации хирального центра, если таковой присутствует в молекуле исходного спирта. Это свойство находит применение в стереоселективном синтезе оптически активных соединений.

Каталитические системы в реакциях с участием галогеноводородов

Развитие каталитических методов активации галогеноводородов представляет одно из наиболее перспективных направлений современной синтетической химии. Использование катализаторов позволяет существенно снизить температуру проведения реакций, повысить селективность процессов и расширить круг доступных синтетических превращений. Кислоты Льюиса, такие как хлорид цинка, хлорид алюминия и различные комплексы переходных металлов, нашли широкое применение в качестве катализаторов реакций присоединения и замещения с участием галогеноводородов.

Механизм действия этих катализаторов основан на координации с органическими субстратами, что приводит к активации соответствующих функциональных групп и облегчению атаки галогеноводорода. Например, координация кислоты Льюиса с карбонильной группой существенно увеличивает электрофильность карбонильного атома углерода, делая его более восприимчивым к нуклеофильной атаке. Аналогичным образом, координация с двойной связью алкена способствует её поляризации и облегчает последующее присоединение протона галогеноводорода.

Особый интерес представляют гомогенные каталитические системы на основе комплексов переходных металлов, позволяющие проводить реакции с высокой степенью стерео- и региоселективности. Комплексы родия, иридия и палладия показали выдающиеся результаты в катализе реакций гидрогалогенирования различных ненасыщенных субстратов. Эти каталитические системы характеризуются высокой активностью, позволяющей проводить реакции при комнатной температуре или даже ниже, что особенно важно для термически лабильных субстратов.

Гетерогенные катализаторы также находят применение в процессах с участием галогеноводородов, предоставляя преимущества в виде лёгкости отделения катализатора от реакционной смеси и возможности его повторного использования. Цеолиты, модифицированные оксиды металлов и нанесённые металлические катализаторы продемонстрировали эффективность в различных

процессах гидрогалогенирования. Разработка новых гетерогенных каталитических систем с улучшенными характеристиками остаётся актуальной задачей современной каталитической химии.

Применение галогеноводородов в синтезе биологически активных соединений

Галогеноводороды играют важную роль в синтезе многих классов биологически активных соединений, включая фармацевтические препараты, агрохимикаты и материалы для биомедицинских применений. Возможность тонкого контроля региоселективности и стереоселективности реакций с участием галогеноводородов делает их ценными инструментами для создания сложных молекулярных архитектур, характерных для природных соединений и их синтетических аналогов. Многие современные лекарственные препараты содержат галогенные заместители, введение которых на определённых стадиях синтеза часто осуществляется с использованием галогеноводородов.

В синтезе антибиотиков, противовирусных препаратов и противоопухолевых средств реакции с участием галогеноводородов используются для функционализации различных фрагментов молекул, модификации боковых цепей и защиты реакционноспособных групп. Особенно важным является применение стереоселективных методов гидрогалогенирования для создания хиральных центров с заданной конфигурацией, что критически важно для биологической активности многих препаратов. Развитие энантиоселективных каталитических систем на основе хиральных лигандов открывает новые возможности для эффективного синтеза оптически чистых фармацевтических субстанций.

Синтез стероидных гормонов и их аналогов также часто включает стадии с использованием галогеноводородов для модификации тетрациклического каркаса и введения функциональных групп в определённые положения молекулы. Высокая региоселективность реакций присоединения галогеноводородов к двойным связям стероидного скелета позволяет осуществлять направленный синтез соединений с заданной биологической

активностью. Контроль стереохимии этих превращений обеспечивается жёсткой конформацией стероидного каркаса и правильным выбором условий проведения реакций.

Экологические аспекты и безопасность работы с галогеноводородами

Несмотря на высокую синтетическую ценность галогеноводородов, их использование сопряжено с рядом экологических и токсикологических проблем, требующих особого внимания при разработке новых синтетических методологий. Все галогеноводороды являются едкими и токсичными веществами, работа с которыми требует соблюдения строгих мер безопасности и использования соответствующего защитного оборудования. Особенно опасным является фтористый водород, хотя его применение в органическом синтезе относительно ограничено по сравнению с другими представителями этого класса соединений.

Утилизация отходов, содержащих галогеноводороды и продукты их превращений, представляет серьёзную экологическую проблему, решение которой требует разработки эффективных методов нейтрализации и переработки. Современные подходы включают использование замкнутых технологических циклов, где галогеноводороды регенерируются и возвращаются в процесс, минимизируя образование отходов и снижая негативное воздействие на окружающую среду. Разработка таких технологий является важным направлением развития зелёной химии применительно к процессам с участием галогеноводородов.

Альтернативные подходы к функционализации органических молекул, не требующие использования галогеноводородов, также активно развиваются в рамках концепции устойчивого развития химической промышленности. Биокаталитические методы, реакции в ионных жидкостях и использование более безопасных реагентов представляют перспективные направления для замены традиционных методологий с применением галогеноводородов. Однако полный отказ от использования этих реагентов в обозримом будущем представляется

маловероятным ввиду их уникальных синтетических возможностей и экономической эффективности многих процессов.

Заключение

Галогеноводороды продолжают оставаться важными реагентами современного органического синтеза, несмотря на постоянно растущие требования к экологической безопасности химических процессов. Их уникальная реакционная способность, возможность тонкого контроля селективности превращений и экономическая доступность обеспечивают широкое применение в различных областях синтетической химии. Развитие новых каталитических систем, позволяющих проводить реакции в более мягких условиях с высокой селективностью, открывает дополнительные перспективы для использования галогеноводородов в современном органическом синтезе.

Будущее развитие химии галогеноводородов видится в направлении создания более эффективных и экологически безопасных методологий, интеграции с принципами зелёной химии и разработки новых каталитических систем. Особое внимание должно уделяться стереоселективным и энантиоселективным превращениям, что критически важно для синтеза биологически активных соединений. Продолжающиеся фундаментальные исследования механизмов реакций с участием галогеноводородов будут способствовать более глубокому пониманию закономерностей этих процессов и разработке принципиально новых синтетических подходов, расширяющих возможности современной органической химии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Carey F.A., Sundberg R.J. Advanced Organic Chemistry: Part A: Structure and Mechanisms. – New York: Springer, 2007. – 1199 p.
2. Anslyn E.V., Dougherty D.A. Modern Physical Organic Chemistry. – Sausalito: University Science Books, 2006. – 1095 p.
3. Бейдер Р.Ф. Атомы в молекулах: квантовая теория. – М.: Мир, 2001. – 532 с.

4. Травень В.Ф. Органическая химия: учебное пособие для вузов. – М.: Лаборатория знаний, 2018. – 768 с.
5. Реутов О.А., Курц А.Л., Бутин К.П. Органическая химия. – М.: МГУ, 2014. – 544 с.
6. Нифантьев Э.Е. Химия фосфорорганических соединений. – М.: Бином, 2009. – 464 с.
7. Smith M.B., March J. March's Advanced Organic Chemistry: Reactions, Mechanisms, and Structure. – New Jersey: Wiley-Interscience, 2007. – 2357 p.
8. Clayden J., Greeves N., Warren S. Organic Chemistry. – Oxford: Oxford University Press, 2012. – 1512 p.
9. Vollhardt K.P.C., Schore N.E. Organic Chemistry: Structure and Function. – New York: W.H. Freeman, 2014. – 1328 p.
10. McMurry J. Organic Chemistry. – Boston: Cengage Learning, 2015. – 1328 p.
11. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии. – М.: Химия, 1991. – 448 с.
12. Терней А. Современная органическая химия. – М.: Мир, 1981. – 678 с.
13. Physical Organic Chemistry / Edited by N.S. Isaacs. – London: Longman Scientific & Technical, 1995. – 892 p.
14. Advanced Organic Chemistry: Reactions and Mechanisms / Edited by B. Sharma, M. Kumar. – New Delhi: Krishna Prakashan Media, 2010. – 456 p.
15. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А. Начала органической химии. – М.: Химия, 1974. – 624 с.

© Реджепова Бахар, Агабаев Мерген, Акадова Селби Агаюсуповна, 2025