

Синтез, реакции и строение теллуруниевых солей

А.В.Захаров, И.Д.Садеков, В.И.Минкин

Научно-исследовательский институт физической и органической химии
Ростовского государственного университета
344090 Ростов-на-Дону, просп. Стачки, 194/2, факс (8632)43–4667

Обобщены и систематизированы данные по синтезу, строению и свойствам триорганителлуруниевых солей. Особое внимание уделено использованию этих соединений в препаративном органическом синтезе. Библиография — 163 ссылки.

Оглавление

I. Введение	234
II. Синтез теллуруниевых солей	234
III. Реакции теллуруниевых солей	238
IV. Использование теллуруниевых солей в органическом синтезе	241
V. Кристаллические структуры теллуруниевых солей	246
VI. Заключение	251

I. Введение

К триорганителлуруниевым солям относятся соединения общей формулы $R^1R^2R^3TeX$. В зависимости от природы электроотрицательной группировки X, растворителя и строения кристаллической решетки степень ионности связи $Te-X$ варьирует от чисто ионной до ковалентной. Если первое теллуруорганическое соединение — диэтилтеллурид — было синтезировано в 1840 г.,¹ то первые представители теллуруниевых солей — иодиды триметил- и триэтилтеллуруния — получены лишь спустя 25 лет.²

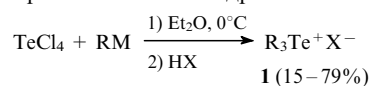
В настоящее время триорганителлуруниевые соли широко применяются в препаративной органической химии. Они являются исходными соединениями для синтеза олефинов, алкилиден(арилметилен)малонатов, бензиловых, пропаргиловых и аллиловых спиртов. Триформетилные производные используются как триформетилирующие реагенты, а соли трифенилтеллуруния — в качестве катализаторов жидкофазного окисления олефинов. На практике трифенилтеллуруниевые соли применяются как аналити-

ческие реагенты на ионы Co^{2+} и Bi^{3+} (см.^{3,4}), а триалкильные аналоги — как ингибиторы кислотной коррозии железа и стали.^{5,6} Теллуруниевые илиды, генерируемые *in situ* из теллуруниевых солей, используются для получения эпоксидов⁷ и циклопропанов,^{7,8} а также олефинов, содержащих при двойной связи электроотрицательные заместители.⁷

Теллуруниевым солям посвящены отдельные главы в монографиях^{9,10}. Однако со времени выхода этих монографий (1974 и 1983 гг. соответственно) появилось значительное количество новых публикаций по синтезу и особенно по реакциям и строению теллуруниевых солей. Настоящая работа призвана дополнить опубликованные ранее обзоры и осветить современное состояние данной проблемы. Рассмотрены в основном ациклические соли; данные по циклическим теллуруниевым солям систематизированы в монографии Детти,¹¹ посвященной гетероциклическим соединениям теллура, поэтому здесь они, за редкими исключениями, не представлены.

II. Синтез теллуруниевых солей

Одним из основных препаративных методов получения симметричных триорганителлуруниевых солей $R_3Te^+X^-$ (**1**) является взаимодействие тетрахлорида теллура с элементоорганическими соединениями. Первым соединением, примененным для этой цели, был диэтилцинк; однако в дальнейшем стали использовать магний- и литийорганические производные $RMgHal$, RLi .^{9,10,12,13} Описана¹⁴ также попытка синтезировать триалкилтеллуруниевую соль с помощью кадмийорганического соединения. Взаимодействие тетрахлорида теллура с металлоорганическими производными осуществляют в мягких условиях с последующим быстрым кислотным гидролизом.



$M = MgHal, Li; X = Cl, Br, I; R = Alk, Ar.$

А.В.Захаров. Кандидат химических наук, научный сотрудник лаборатории теллуруорганических соединений НИИФОХ РГУ.
Телефон: (8632)43–3894.

Область научных интересов: химия β-теллурувинилкарбонильных соединений и гетероциклов на их основе.

И.Д.Садеков. Доктор химических наук, профессор, заведующий той же лабораторией. Телефон: (8632)43–3894, e-mail: sadek@ipoc.rsu.ru
Область научных интересов: синтез, строение и реакционная способность ароматических и гетероциклических соединений теллура.

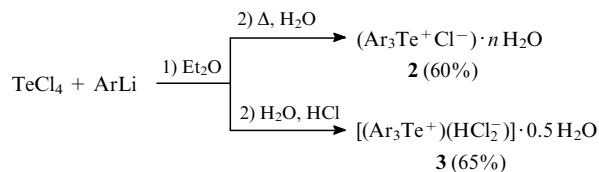
В.И.Минкин. Академик, директор того же института.

Телефон: (8632)43–4700, e-mail: minkin@ipoc.rsu.ru
Область научных интересов: молекулярная динамика, квантовая химия органических соединений, фотохромизм, таутомерия, органическая химия, стереохимия координационных соединений металлов.

Дата поступления 28 февраля 2005 г.

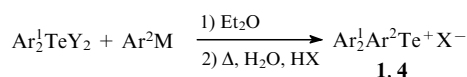
В большинстве случаев соли **1** выделяют в виде малорастворимых иодидов после обработки реакционной смеси водным раствором иодида калия. Следует отметить, что в этих условиях 2,4,6-трис(*tert*-бутил)фениллитий в реакциях с TeCl_4 вместо ожидаемой теллуруниевой соли дает соответствующий теллурид ($2,4,6\text{-Bu}_3\text{C}_6\text{H}_2$) $_2\text{Te}$.¹³

Недавно было показано,¹⁵ что в зависимости от способа разложения реакционной смеси, полученной при взаимодействии 2,6-диметоксифениллития с TeCl_4 в эфире, образуются теллуруниевые соли **2** или **3**. Первые были выделены после гидролиза горячей водой, а вторые — при обработке водного фильтрата раствором 6 М HCl . В качестве побочного продукта реакции в последнем случае образуется бис(2,6-диметоксифенил)теллурид (выход 15%).¹⁵



$\text{Ar} = 2,6\text{-(MeO)}_2\text{C}_6\text{H}_3$; $n = 2\text{--}2.5$.

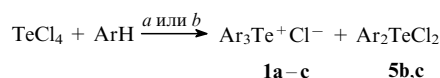
Общим методом синтеза триарилтеллуруниевых солей является взаимодействие диарилтеллуридыгалогенидов Ar_2TeY_2 ($\text{Y} = \text{Cl}$ ^{9,10,13}; Br , I ^{9,10}) с арилмагнийбромидом или ариллитиевыми производными. Этим способом были получены как симметричные теллуруниевые соли $\text{Ar}_3\text{Te}^+ \text{X}^-$ (**1**), так и их несимметричные аналоги $\text{Ar}_2^1\text{Ar}^2\text{Te}^+ \text{X}^-$ (**4**).



$\text{M} = \text{MgBr}$, Li .

По-видимому, данная реакция может быть использована и для получения несимметричных теллуруниевых солей типа $\text{Ar}^1\text{Ar}^2\text{Ar}^3\text{Te}^+ \text{X}^-$ из диарилтеллуридыгалогенидов $\text{Ar}^1\text{Ar}^2\text{TeY}_2$ и Ar^3M ($\text{M} = \text{MgHal}$, Li). Однако до настоящего времени сведения о таком синтезе в литературе отсутствуют.

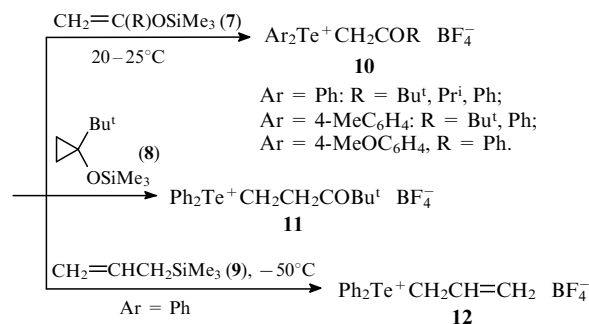
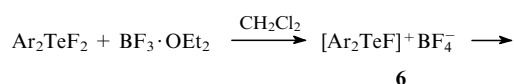
При взаимодействии аренов с TeCl_4 образуются соли **1** или смеси их с диарилтеллуридыхлоридами **5**.^{10,16} Ранее такие производные крезолы были получены с использованием в качестве реагента TeOCl_2 , однако в настоящее время эти результаты вызывают сомнения.⁹



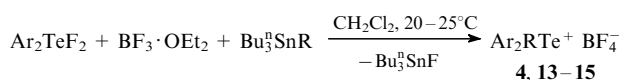
a — AlCl_3 , Δ (для **a**); b — $110\text{--}130^\circ\text{C}$ (для **b, c**);

$\text{Ar} = \text{Ph}$ (**a**, 60%), 2-ОН-5-МсС₆Н₃ (**b**), 4-ОН-2-МсС₆Н₃ (**c**).

Недавно был разработан¹⁷ новый метод синтеза теллуруниевых солей различных типов. Он основан на реакции электрофильных интермедиатов **6**, образующихся при взаимодействии диарилтеллуридыдифторидов и $\text{BF}_3 \cdot \text{OEt}_2$, с силильными производными **7–9**. Например, такие интермедиаты реагируют при комнатной температуре с *O*-триметилсилиловыми эфирами **7** и **8**, давая 2- (**10**) и 3-оксоалкилдиарилтеллуруниевые соли **11** с выходами 85–100%. Аналогично из аллилтриметилсилана (**9**) в очень мягких условиях получен борфторид аллилдифенилтеллуруния **12** с количественным выходом.¹⁷



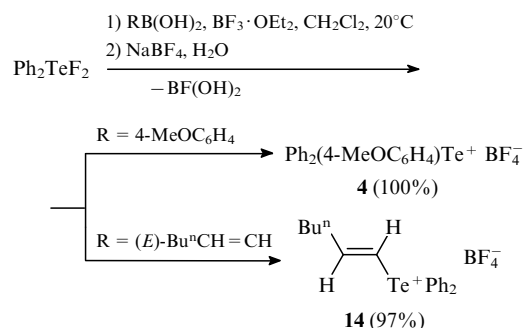
Использование в аналогичной реакции трибутил(органил)станнанов позволило осуществить синтез теллуруниевых солей $\text{Ar}_2\text{RTe}^+ \text{BF}_4^-$, содержащих связи $\text{Te}-\text{C}(\text{sp}^3)$ (соединение **13**, $\text{R} = \text{Alk}$), $\text{Te}-\text{C}(\text{sp}^2)$ (**14**) и $\text{Te}-\text{C}(\text{sp})$ (**15**), а также несимметричных триарилтеллуруниевых солей типа **4** ($\text{Ar} = \text{Ph}$, $\text{R} = 4\text{-MeOC}_6\text{H}_4$).¹⁷



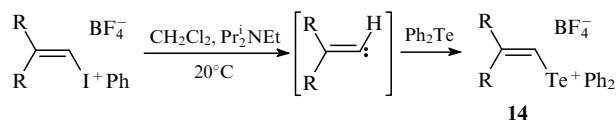
Соединение	Ar	R	Выходы, %
4	Ph	4-MeOC ₆ H ₄	95
13	Ph, 4-MeOC ₆ H ₄	Bn	88–100
14	Ph	Me ₂ C=CH	87
15	Ph, 4-MeOC ₆ H ₄	PhC≡C	94–96

Представленный в работе¹⁷ способ синтеза теллуруниевых солей имеет ряд преимуществ. Во-первых, с его помощью можно получать диарил(органил)теллуруниевые соли, содержащие различные заместители при атоме теллура. Во-вторых, труднодоступные другими методами теллуруниевые соли образуются в мягких условиях с высокими выходами. И, наконец, практически чистые соли выделяются при упаривании растворителя, поскольку побочные продукты реакций — триорганилфторсиланы(станнаны) — представляют собой легколетучие соединения.

Для синтеза теллуруниевых солей используют органические производные бора¹⁸ и иода.^{19,20} Так, обработка дифенилтеллуридыдифторида 4-метоксифенилбороновой кислотой в присутствии $\text{BF}_3 \cdot \text{OEt}_2$ с последующим добавлением в реакционную смесь водного раствора NaBF_4 приводит к несимметричной триарилтеллуруниевой соли **4** ($\text{Ar}^1 = \text{Ph}$, $\text{Ar}^2 = 4\text{-MeOC}_6\text{H}_4$) с почти количественным выходом.¹⁸ Подобным образом получен тетрафторборат гекс-1-енил(дифенил)теллуруния **14** ($\text{Ar} = \text{Ph}$, $\text{R} = (E)\text{-гекс-1-енил}$).¹⁸

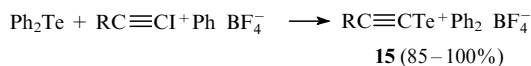


Алкенил(дифенил)теллуруниевые соли **14** ($\text{Ar} = \text{Ph}$; $\text{R} = \text{Me}_2\text{C}=\text{CH}$, $(\text{CH}_2)_5\text{C}=\text{CH}$) были синтезированы также реакцией тетрафторборатов β , β -диалкилвинил(фенил)иодония с дифенилтеллуридом в присутствии диизопропилэтиламина при комнатной температуре.¹⁹ В этой реакции промежуточно образуются алкилиденкарбены.



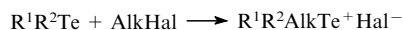
R = Me (68%); R-R = (CH₂)₅ (89%).

При взаимодействии тетрафторборатов алкинил(фенил)-иодония с дифенилтеллуридом происходит перенос алкинильной группы к атому теллура.²⁰ Реакция протекает в мягких условиях (перемешивание смеси реагентов в CH₂Cl₂ при комнатной температуре) и приводит к тетрафторборатам алкинилдифенилтеллурия **15**.



R = H, Me, Prⁱ, Bu^t, n-C₈H₁₇, Me₃Si, Ph.

Наиболее общим методом получения триалкил-, диалкиларил- и алкилдиарилтеллуриониевых солей является реакция диорганителлуридов с алкилгалогенидами.



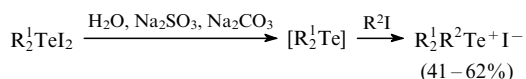
R¹, R² = Alk, Ar.

Экзотермическая реакция в случае диалкилтеллуридов протекает уже при смешивании реагентов.^{2, 9, 10, 21–48} Алкиларилтеллуриды менее реакционноспособны,^{9, 10, 49–57} а для взаимодействия диарилтеллуридов с алкилгалогенидами чаще всего требуется длительное кипячение реакционной смеси.^{9, 10, 58–60} Следует отметить, что менее нуклеофильные по сравнению с диарилтеллуридами дифенилсульфид⁶¹ и дифенилселенид⁶² реагируют с алкилгалогенидами с образованием ониевых солей только в присутствии солей Ag(I).

Дивинилтеллурид,^{63, 64} (фенил)этинил-, (*мрет*-бутил)этинил-, (винил)этинил-, (пропилтио)этинил-, (гекса-1,3-динил)метилтеллуриды¹⁰ и ди(метилтеллура)ацетилен⁶⁵ также образуют теллуриониевые соли при взаимодействии с алкилиодидами.

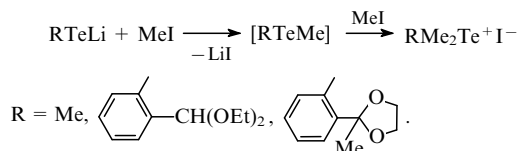
В качестве алкилирующих агентов используют диметилсульфат, а также органические бромиды и иодиды различного строения — алкилгалогениды, аллилбромиды, пропаргилбромиды, бензилгалогениды, α-бромкетоны, α-бромзамещенные карбоновые кислоты, их эфиры и *N*-замещенные амиды, бромацетонитрил, эфиры моно- и диброммалоновых кислот, 1,2-дибромэтан. Из хлорпроизводных лишь хлор-ацетонитрил дает теллуриониевые соли в реакции с диалкилтеллуридами.^{27, 29, 36}

Из-за весьма неприятного запаха диалкилтеллуридов и легкости окисления кислородом воздуха иногда их получают *in situ*. Так, восстановлением сравнительно легкодоступных диалкилтеллуридиодидов сульфитом натрия и последующей реакцией с алкилиодидами были синтезированы иодиды триорганителлуриониев.^{9, 10}

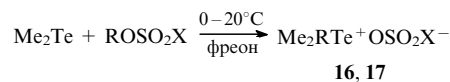


R¹ = R² = Me, Prⁿ; R¹ = Buⁿ, R² = Me; R¹ = Me, R² = Ph.

Альтернативный способ синтеза этих соединений основан на обработке теллуридов лития избытком алкилирующего агента (метилюдида) без предварительного выделения промежуточно образующихся диалкил(алкиларил)теллуридов.^{9, 10, 26}

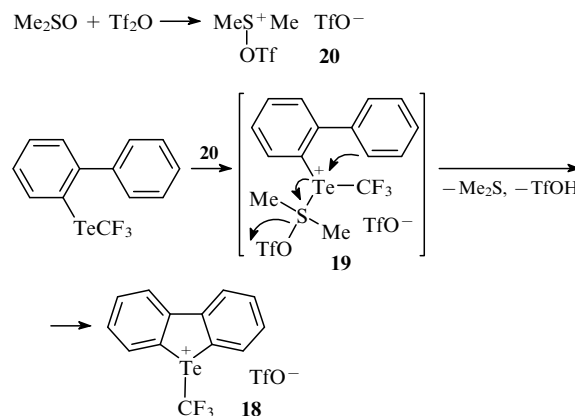


Сильные алкилирующие агенты, такие как метилфторсульфонат и алкилтрифторметилсульфонат,^{66, 67} легко образуют диметил(органителлуриониевые соли **16**, **17** из диметилтеллурида в охлажденных фреоновых растворах.

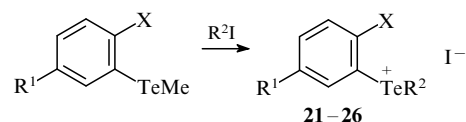


X = F, R = Me (**16**); X = CF₃; R = Me, Et (**17**).

Трифторметилсульфонат 5-трифторметилдобензотеллурирофенона (**18**) был получен при взаимодействии ангидрида трифторметансульфокислоты (Tf₂O) с бифенил-2-ил(трифторметил)теллуридом в ДМСО.^{68, 69} Реакция протекает, вероятно, через интермедиат **19**, образующийся при присоединении сульфониовой соли **20** к атому теллура.

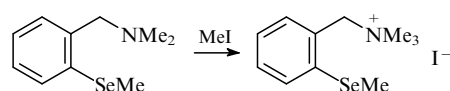


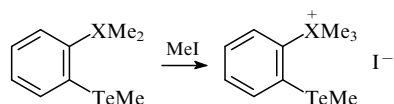
Интересные результаты, свидетельствующие о высокой нуклеофильности атома теллура в алкил(арил)теллуридах, были получены при изучении алкилирования метилиодидом^{50, 70} или арилиодидами (PhI, *p*-MeOC₆H₄I, *p*-EtOC₆H₄I)⁵⁹ ароматических соединений, которые содержали в *орто*-положении к органилтеллуридогруппам различные нуклеофильные заместители: диметиламино-метил-,⁵⁰ диметиламино-,^{59, 70} 2-(4,4-диметил-оксазолино)-,⁵⁰ метилио(селено)группы.⁷⁰ В результате этих реакций образуются теллуриониевые соли **21–26**.



R¹ = H, R² = Me: X = CH₂NMe₂ (**21**), NMe₂ (**22**), SMe (**23**), SeMe (**24**), 4,4-диметил-4,5-дигидрооксазол-2-ил (**25**); X = NMe₂, R¹ = Me, R² = 4-YC₆H₄ (Y = H (**26a**), OMe (**26b**), OEt (**26c**)).

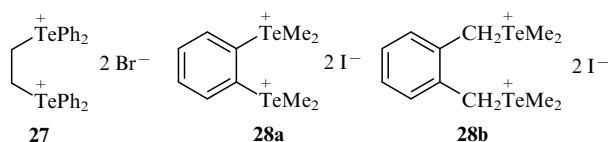
В то же время диметил(2-метилселенобензил)амин метилируется по атому азота,⁵⁰ а диметил(2-метилтеллуридофенил)фосфин, -арсин и -стибин реагируют с метилиодидом с образованием фосфониевой, арсониевой и стибониевой солей соответственно.⁷⁰



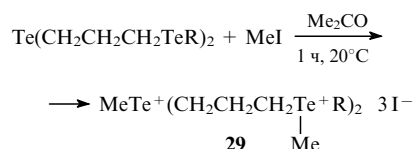


X = P, As, Sb.

Синтез бис(теллуруниевых) солей был осуществлен взаимодействием 1,2-дибромэтана с дифенилтеллуридом (продукт **27**)^{9,10} или алкилированием соединений, содержащих две теллурометильные группы, метилиодидом (соли **28a** (см.⁷⁰), **28b** (см.⁵⁷)).

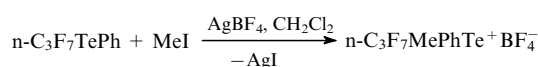


Следует отметить, что в реакции теллуридов, содержащих в молекуле три атома теллура, с MeI образуются трис(теллуруниевые) соли **29**.⁷¹

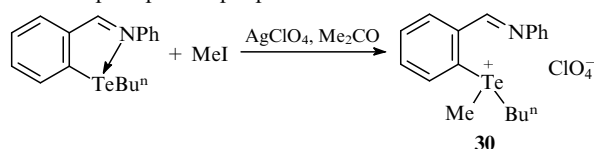


R = Me, Ph.

Теллуриды, содержащие электроноакцепторные перфторалкильные группы при атоме теллура, алкилируются только в присутствии тетрафторбората серебра.¹⁰



Теллуруниевая соль **30** получена из *N*-(2-бутилтеллуриден)анилина, в молекуле которого реализуется внутримолекулярная координационная связь N→Te, в присутствии перхлората серебра.^{72,73}



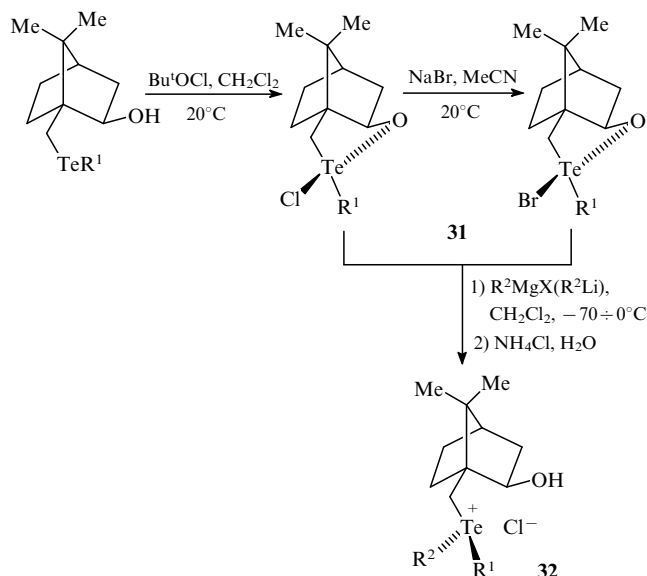
Новый подход к синтезу триалкил- и диалкиларилтеллуруниевых солей с (1*S*)-2-экс-10-борнильным заместителем был предложен в работах^{74–76}. Взаимодействие галогеноксателлуранов **31** с магнием или литийорганическими соединениями после обработки реакционной смеси водным раствором NH₄Cl приводит к оптически чистым хлоридам триорганителлуруния **32** (выходы 60–97%)^{74–76} (другой метод получения хиральных теллуруниевых солей см. в разделе III). Структура диастереомерных солей **32a** (R¹ = Me, R² = Et; R¹ = Et, R² = Me) была подтверждена методом рентгеноструктурного анализа (схема 1).⁷⁵

Барьер пирамидальной инверсии трехкоординированного атома теллура в этих соединениях превышает 30 ккал·моль^{–1}. Так, пятичасовое кипячение растворов солей **32a** в хлороформе или метаноле не приводит к их эмеризации.⁷⁵

Иодиды органилдиметилтеллуруния **33**, наряду с органилметилтеллуридами **34** (мольное соотношение 1 : 1), образуются при обработке диорганителлуридов избытком метилиодида.^{9,10,77} Первой стадией реакции является, очевидно, метилирование дителлурида, что приводит к промежуточным иодидам органилтеллуридо(метил)органител-

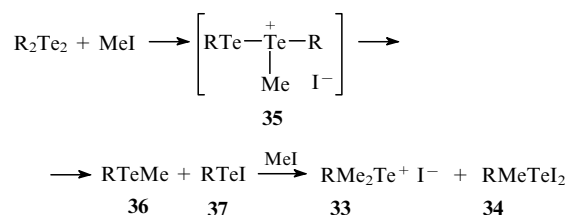
луруния **35**. При самопроизвольном распаде этих солей получают органилметилтеллуриды **36** и органилтеллури-

Схема 1



X = Cl, Br; R¹ = Me, Et, Buⁿ, n-C₆H₁₃, Ph; R² = Me, Et, Buⁿ, Bn, CH₂CH=CH₂ (All).

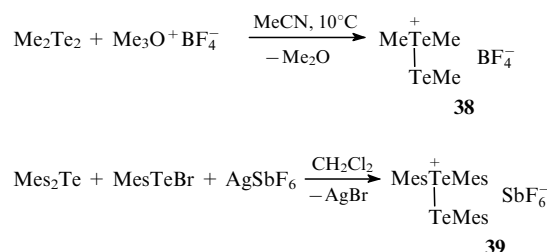
нилоиды **37**, последующие реакции которых с метилиодидом дают соединения **33** и **34** соответственно.



R = Me, Et, Prⁱ, Bu^t; 4-MeC₆H₄, 4-MeOC₆H₄, 4-EtOC₆H₄.

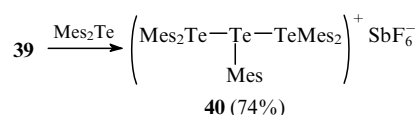
По-видимому, реакция диорганителлуридов с фенил-ацетиленом в присутствии метилиодида, в результате которой образуются алкил(фенил)этинителлуриды, также протекает через соли типа **35**.^{77,78}

В случае таких анионов, как BF₄[–] и SbF₆[–], теллуруниевые соли удается выделить в индивидуальном виде. Пример получения соединения **38** приведен в статье⁷⁹, а мезитильного производного **39** — в работах^{80,81}.

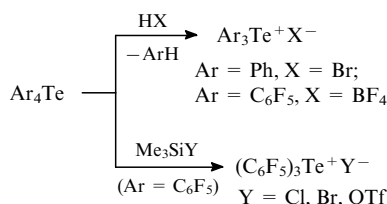


Mes = 2,4,6-Me₃C₆H₂.

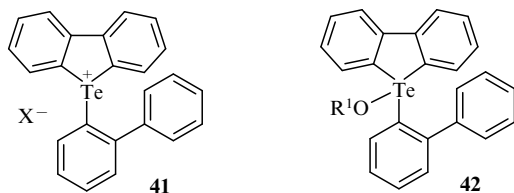
При нагревании соли **39** с небольшим избытком димезитилтеллурида образуется теллуруниевая соль **40**, содержащая цепочку из трех атомов теллура.^{80,81}



Триарилтеллуруниевые соли $\text{Ph}_3\text{Te}^+ \text{Br}^-$ и $(\text{C}_6\text{F}_5)_3\text{Te}^+ \text{X}^-$ ($\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}, \text{OTf}$) были получены с высокими выходами при взаимодействии тетрафенилтеллурана Ph_4Te (см.^{9,10}) и тетраakis(пентафторфенил)теллурана $(\text{C}_6\text{F}_5)_4\text{Te}$ (см.⁸²) с минеральными кислотами^{9,10,82} или триметилсилильными производными.⁸²



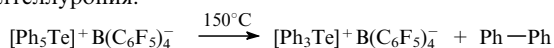
Реакции циклического спиротетраарилтеллурана — бис-(2,2'-бифенилен)теллурана — с минеральными кислотами,^{9,10} а также с органическими кислотами⁸³ и фенолами^{84,85} сопровождаются разрывом одной из связей $\text{Te}-\text{C}$. Продукты реакций — соединения **41** и **42** соответственно — образуются с выходами 47–95%.



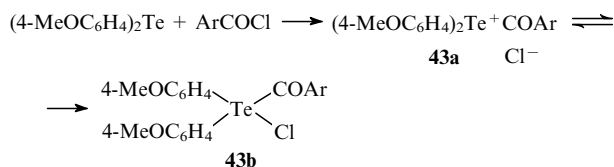
$\text{X} = \text{Cl}, \text{I}, \text{BPh}_4$; $\text{R}^1 = \text{MeCO}, \text{PhCO}, 4\text{-R}^2\text{C}_6\text{H}_4$ ($\text{R}^2 = \text{H}, \text{Me}, \text{Cl}, \text{MeO}_2\text{C}, \text{Ac}, \text{NO}_2$), 2,4,6- $\text{Cl}_3\text{C}_6\text{H}_2$.

Препаративное значение этих реакций относительно невелико. Тетраарилтеллураны и бис(2,2'-бифенилен)теллуран получают чаще всего реакцией ариллитиевых производных с соответствующими теллурдихлоридами, которые, как было показано выше, можно непосредственно переводить в галогениды теллуруния. Обменные реакции последних (см. раздел III) позволяют осуществить синтез различных триарилтеллуруниевых солей, в том числе производных типа **41** и **42**.

Чисто теоретический интерес представляет получение тетраakis(пентафторфенил)бората трифенилтеллуруния термическим разложением соли, содержащей катион пентафенилтеллуруния.⁸⁶



При кипячении эквимольных количеств бис(4-метоксифенил)теллурида и 3,5-динитробензоилхлорида в нейтральных растворителях (CH_2Cl_2 или бензоле) образуется соединение, которому было приписано строение теллуруниевой соли **43a**.⁸⁷

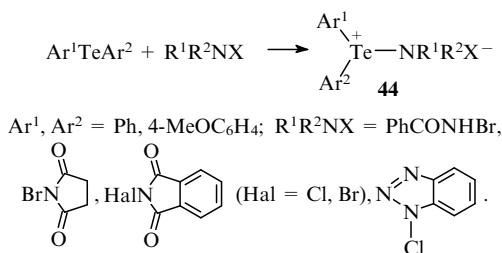


$\text{Ar} = 3,5\text{-(O}_2\text{N)}_2\text{C}_6\text{H}_3$.

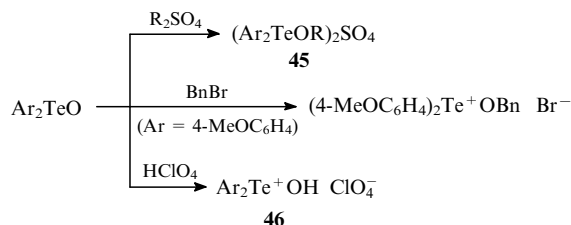
Однако низкая температура плавления этого соединения и малая электропроводность его 10^{-3} М раствора в ацетонитриле свидетельствуют в пользу ковалентной структуры **43b**, включающей тетраординированный атом теллура.

Среди триарилтеллуруниевых солей можно выделить производные **44**, содержащие две связи $\text{Te}-\text{C}$ и одну связь $\text{Te}-\text{N}$. Эти соли получают окислением диарилтеллуридов

соединениями, являющимися источниками положительно заряженного галогена (например, *N*-галогенсукцинимиды^{88,89}). Производные **44** представляют собой высокоплавкие кристаллические соединения, плохо растворимые в обычных органических растворителях.



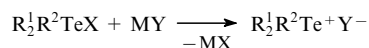
Диарилтеллуросиды обладают наибольшей основностью в ряду диарилхалькогеноксидов Ar_2EO ($\text{E} = \text{S}, \text{Se}, \text{Te}$). По этой причине они легко алкилируются диалкилсульфатами^{60,90} и бензилбромидом⁹¹ по атому кислорода с образованием солей диарил(алкокси)теллуруния **45**. Реакция диарилтеллуросидов с хлорной кислотой приводит к перхлоратам диарил(гидрокси)теллуруния **46**.^{60,92}



Соединение	R	Ar	Ссылки
45	Me	4-DC ₆ H ₄ , 4-Pr ⁱ C ₆ H ₄	90
	Me	2,6-(MeO) ₂ C ₆ H ₃	60
	Et	Ph, 4-DC ₆ H ₄ , 4-Pr ⁱ C ₆ H ₄	90
46	—	4-MeOC ₆ H ₄	92
	—	2,6-(MeO) ₂ C ₆ H ₃	60

III. Реакции теллуруниевых солей

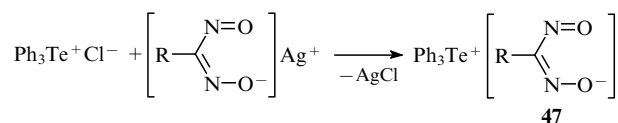
Одним из важных в препаративном отношении методом синтеза триорганителлуруниевых солей являются реакции анионного обмена (см. монографии^{9,10} и библиографию в них, а также работы^{12,25,28,93–106}). Направление обмена определяется относительной растворимостью исходной и конечной солей, которая зависит от природы аниона. Большой радиус атома теллура в сочетании с его малой электроотрицательностью позволяет отнести теллуруниевый катион к мягким кислотам. В соответствии с принципом ЖМКО⁹³ соли с жесткими анионами (F^- , Cl^- , OH^- , NO_3^- , CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, BF_4^- , BPh_4^- , ClO_4^- и др.) должны быть лучше растворимы, чем соли с мягкими анионами (Br^- , I^- , N_3^- , CN^- , SCN^- и др.). В частности, растворимость галогенидов теллуруния $\text{R}_3\text{Te}^+ \text{Hal}^-$ уменьшается в ряду $\text{F}^- > \text{Cl}^- > \text{Br}^- > \text{I}^-$, поэтому обмен может осуществляться в водной среде под действием галогенидов щелочных металлов. Для получения соединений, более растворимых по сравнению с исходными, используют соответствующие серебряные соли. В этом случае направление обмена определяется относительной растворимостью галогенидов серебра. С помощью реакций обмена получен большой ряд теллуруниевых солей с различными анионами.



M — щелочной металл или серебро.

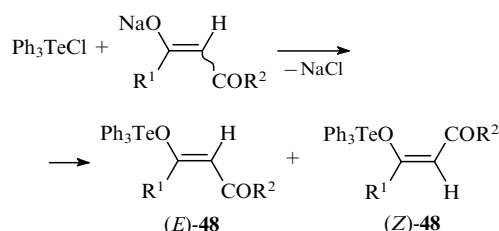
Реакции анионного обмена были использованы также для синтеза теллуруниевых солей с двухзарядными анионами.

При взаимодействии хлорида трифенилтеллуруния с нитрозолатами серебра образуются соответствующие нитрозолаты трифенилтеллуруния **47**.¹⁰⁷



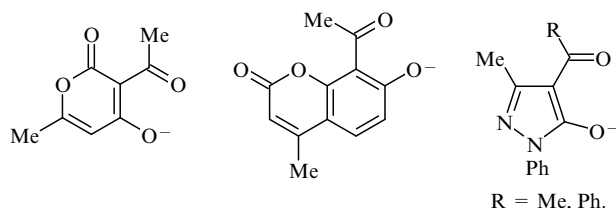
R = Me (65%), Ph (25%).

Реакция водных растворов хлорида трифенилтеллуруния с избытком β-дикетонатов натрия приводит к β-дикетонатам трифенилтеллуруния **48** с выходами 52–90%.¹⁰⁸ Спектры ЯМР ¹H этих соединений свидетельствуют о том, что они существуют в виде смесей *E*- и *Z*-изомеров.

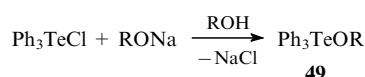


R¹ = R² = Me, Ph; R¹ = Me, R² = Ph; R¹ = CF₃; R² = Ph, 2-тиенил.

Аналогичным образом осуществлен синтез трифенилтеллуруниевых производных из енолятов гетероциклических β-дикетонатов.¹⁰⁹

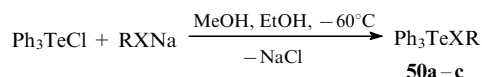


При обменной реакции между хлоридом трифенилтеллуруния и алкоголятами натрия с высокими выходами получены алкоголяты трифенилтеллуруния **49**.¹¹⁰



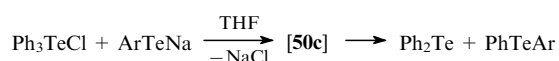
R = Me, Et, Prⁱ.

Органилхалькогенолаты трифенилтеллуруния **50a–c** (X = S (**a**), Se (**b**), Te (**c**)) также были синтезированы из хлорида трифенилтеллуруния.^{111–113}



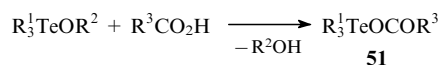
X = S: R = Et, Prⁱ, Bu^t, Bn, Ph, 4-MeOC₆H₄, 4-ClC₆H₄, 2-Py, 4-Py;
X = Se, R = 4-MeC₆H₄; X = Te: R = 4-MeC₆H₄, 4-MeOC₆H₄.

Однако при проведении реакции Ph₃Te⁺Cl[−] с арилтеллуrolатами натрия в ТГФ конечными продуктами являются дифенил- и арилфенилтеллуриды.¹¹³ Последние образуются, очевидно, в результате распада промежуточных соединений типа **50c**.

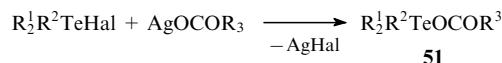


Ar = 4-MeC₆H₄, 4-MeOC₆H₄.

Обработка алкоголятов трифенилтеллуруния **49** карбоновыми кислотами приводит к соответствующим карбоксилатам **51**.⁹⁷ Аналогичные соединения синтезированы реакциями гидроксидов триорганителлуруниев с карбоновыми кислотами⁹⁷ и галогенидов триорганителлуруниев с серебряными солями органических кислот.^{58, 94, 97}

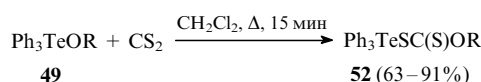


R¹ = Ph, R² = Me; R¹ = Me, R² = H; R³ = Me, CHCl₂, CCl₃, Ph.



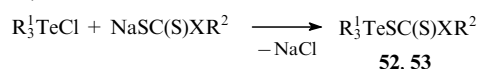
R¹, R² = Me, Ph; R³ = Me, Ph, 2-MeOC₆H₄, 3-O₂NC₆H₄.

Ксантогенаты трифенилтеллуруния **52** были получены реакцией внедрения молекулы сероуглерода в связь Te—O алкоголятов трифенилтеллуруния **49**.¹¹⁰

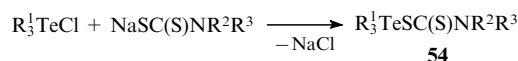


R = Me, Et, Prⁱ.

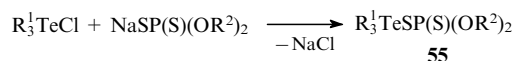
Однако наиболее общим методом получения ксантогенатов **52**,^{95, 110, 114–116} тиоксантогенатов **53**^{95, 110}, дитиокарбаматов **54**^{95, 114, 117–119} и дитиофосфатов **55**^{112, 114, 120} является обменная реакция между хлоридами триорганителлуруниев и соответствующими натриевыми (реже — аммониевыми) солями.



X = O (**52**), S (**53**); R¹ = Me, Ph; R² = Me, Et, Prⁿ, Prⁱ, Bu^t, Bu^t, cyclo-C₆H₁₁ (Cy).

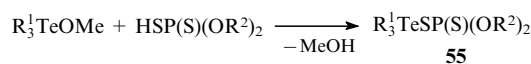


R¹ = Me; R² = R³ = Me, Et, Ph; R¹ = Ph; R² = R³ = Me, Et, Prⁱ, Ph, (CH₂)₂OH; R¹–R² = (CH₂)₅, (CH₂)₂O(CH₂)₂.



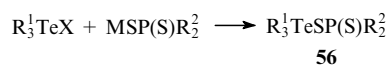
R¹ = Me, Ph; R² = Me, Et, Prⁱ, Ph.

Соединения **55** были синтезированы также реакцией метокситриорганителлуранов с диалкиловыми эфирами дитиофосфорной кислоты.¹²⁰



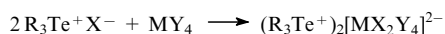
R¹ = Me, Ph; R² = Me, Prⁱ, Ph.

Дитиофосфинаты **56** получены при использовании подобной методологии — взаимодействием метокситриорганителлуранов с диорганитидитиофосфинистой кислотой HSP(S)R₂ (см.¹²⁰) или соответствующих хлоридов с ее натриевыми (аммониевыми) солями MSP(S)R₂ (см.^{120, 121}) (M = Na, NH₄).



X = OMe, Cl; M = H, Na, NH₄; R¹ = Me, Ph; R² = Me, Prⁱ, Ph.

Фосфорные аналоги дитиокарбаматов триорганителлуруния **57** образуются при реакции хлорида трифенилтеллуруния с диалкилфосфинами и сероуглеродом в присутствии триэтиламина.¹²² При обработке соединений **57**

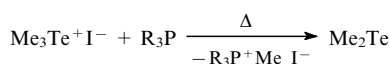


68

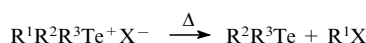
R = Et, Ph; X, Y = Cl, Br; M = Sn, Te, Ti.

Комплексы теллуруниевых солей с органическими донорами исследованы очень мало. Известно,¹⁰ что галогениды трифенилтеллуруния $Ph_3Te^+X^-$ (X = Cl, Br) с дигексилсульфоксидом дают аддукты состава 1 : 1. Аналогичные продукты образуются при взаимодействии $Ph_3Te^+Cl^-$ с 1-R-замещенными 4,4,6-триметил-3,4-дигидро-1H-пиримидин-2-тионами (R = Ph, 4-MeOC₆H₄, 4-O₂NC₆H₄, Buⁿ, NH₂), причем в комплексообразовании участвует атом серы в тионной форме.¹³⁴

Реакция иодида триметилтеллуруния с фосфинами заключается в деметилировании исходной соли; диметилтеллурид получается с высоким выходом.²⁶

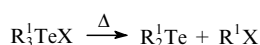
R = Buⁿ, Ph.

Дезалкилирование теллуруниевых солей осуществляется чаще всего нагреванием в твердом состоянии или в высококипящих растворителях.^{9, 10, 49, 135}

X = Br, I; R¹ = Alk; R², R³ = Alk, Ar.

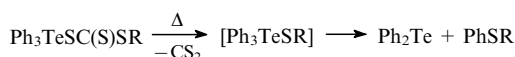
В ряде случаев нагревание солей проводят в присутствии акцепторов алкилгалогенидов, таких как пиридин или диметиланилин,^{9, 10} в результате образуются N-алкилпиридиновые и алкилдиметилфениламмониевые соли соответственно. Термическое разложение теллуруниевых солей систематически не исследовано. Лишь в монографии¹⁰ отмечено, что термическая стабильность триметилтеллуруниевых солей увеличивается в зависимости от типа аниона в ряду $F^- < Cl^- < SO_4^{2-} < Br^- < I^-$, однако данных о влиянии природы уходящей группы, аниона и растворителя на направление реакций дезалкилирования до настоящего времени нет.

Термический распад простых¹¹⁰ и сложных⁹⁷ эфиров триорганителлуруния, а также псевдогалогенидов,¹⁰ ксантогенатов,¹¹⁰ дитиокарбаматов,¹¹⁷ -фосфатов и -фосфинатов¹²⁰ протекает по той же схеме, что и разложение галогенидов триорганителлуруния. Следует отметить, что при нагревании $Ph_2MeTeNCS$ образуются Ph_2Te и $MeSCN$.¹⁰

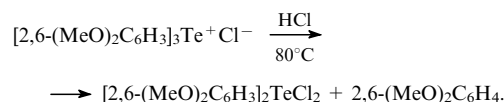


R¹ = Me: X = OCOR² (R² = Me, CHCl₂, CCl₃, Ph), SP(S)R₂² (R² = Me, Prⁱ, Ph, OMe, OEt, OPrⁱ, OPh); R¹ = Ph: X = OR² (R² = Me, Et, Prⁱ), OCOR² (R² = Me, CHCl₂, CCl₃, Ph), CN, NCO, NCS, NCSe, SC(S)NR₂² (R² = Me, Prⁱ, Ph), SP(S)R₂² (R² = Me, Prⁱ, Ph, OPh).

Несколько иначе распадаются при нагревании тиоксантогенаты трифенилтеллуруния.¹¹⁰

R = Et, Prⁱ.

Следует отметить, что при нагревании хлорида трис(2,6-диметоксифенил)теллуруния в 0.1 М HCl при 80°C с выходом 60% образуется бис(2,6-диметоксифенил)теллуридийхлорид.¹⁵ Авторы считают, что в данном случае термолиз идет по следующей схеме:



Для других теллуруниевых солей подобное превращение неизвестно.

В отличие от арилтеллуридтригалогенидов и диарилтеллуриддигалогенидов, под действием сульфида натрия превращающихся в диарилдителлуриды и диарилтеллуриды соответственно, при нагревании теллуруниевых солей с Na₂S образуются смеси теллуридов и ароматических производных, состав которых зависит от строения исходных солей.^{9, 10}

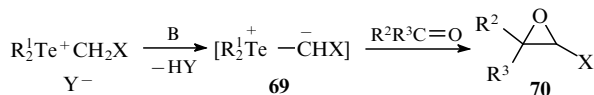
Другие реакции теллуруниевых солей, использующиеся как препаративные методы получения различных классов органических соединений, рассмотрены в следующем разделе.

IV. Использование теллуруниевых солей в органическом синтезе

Теллуруниевые соли широко применяются в качестве предшественников нестабилизированных и моностабилизированных теллуруниевых илидов. Последние получают обработкой исходных солей реагентами основного характера и без выделения вводят в реакции с карбонильными соединениями. В зависимости от строения исходной соли (т.е. природы генерируемого из нее илида) и от типа карбонильного производного образуются различные классы органических соединений.^{7, 8}

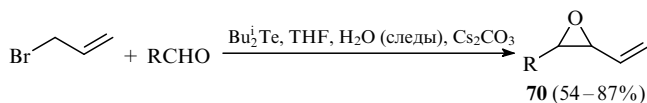
Дифенилтеллурунийметирид **69** (R¹ = Ph, X = H), полученный из тетрафенилбората метилдифенилтеллуруния под действием 2,2,6,6-тетраметилпиперида лития (LiTMP), реагирует с карбонильными соединениями, давая эпоксиды **70** (R¹ = Ph, X = H) с выходами 55–74%.¹⁰⁰ Аналогичная реакция была использована^{23, 34} для синтеза α,β-ненасыщенных эпоксидов **70** (X = CH=CH₂). Диалкилтеллурунийаллилыды **69** (X = CH=CH₂) генерируются при обработке бромидов триорганителлуруния *трет*-бутилатом калия²³ или KOH.³⁴ Наилучшие результаты достигаются при использовании в реакции с карбонильными соединениями илида, полученного из бромида аллилдиизобутилтеллуруния. Выходы винилэпоксидов не зависят от природы дегидробромирующего агента и для ароматических альдегидов составляют 58–98% (в случае алифатических производных выходы меньше). Соединения **70** (X = CH=CH₂) получают в виде смеси *цис*- и *транс*-изомеров с некоторым преобладанием первых.

Триметилсилвинил- (**70**, X = CH=CHSiMe₃, выходы 83–89%⁴⁰) и триметилсилэтилэпоксиды (**70**, X = C≡CSiMe₃, 80–96%^{38, 39}) синтезированы взаимодействием илидов **69** (R¹ = Buⁱ; X = CH=CHSiMe₃, C≡CSiMe₃) с альдегидами и кетонами. Илиды **69** были получены дегидробромированием соответствующих теллуруниевых солей под действием LiTMP и использованы *in situ*. Триметилсилвинил- и триметилсилэтилэпоксиды **70** существуют преимущественно в виде *цис*-изомеров.



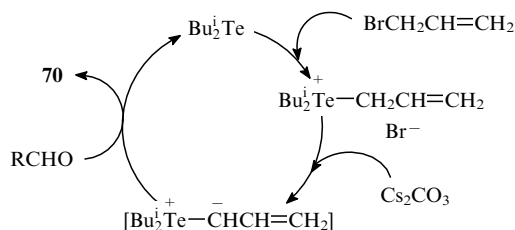
В (основание) = LiTMP, Bu^tOK, KOH и др.; Y = BPh₄, Br; X = H, CH=CH₂, CH=CHSiMe₃, C≡CSiMe₃; R¹ = Bu^t, Ph; R² = H, Ph; R³ = Me, n-C₅H₁₁, n-C₆H₁₃, n-C₉H₁₉, Cy, R_n⁴C₆H_{5-n} (R_n⁴ = H, 4-F, 2-Cl, 3-Cl, 4-Cl, 4-Br, 4-O₂N, 2-Me, 4-Me, 2,4,6-Me₃, 4-Ph, 2-MeO, 4-MeO, 3,4-(MeO)₂, 3,4-(OCH₂O), 6-Br-3,4-(OCH₂O)), 2-Py, 3-Py, 1-нафтил, 2-нафтил; R²-R³ = (CH₂)₅.

Синтез винильных производных **70** (X = CH=CH₂) был осуществлен также реакцией каталитического эпексидирования без предварительного получения теллурониевых солей.³³ Аллилбромид взаимодействует с альдегидами в присутствии каталитических количеств диизобутилтеллурида (20 мол. %) при 50°C.

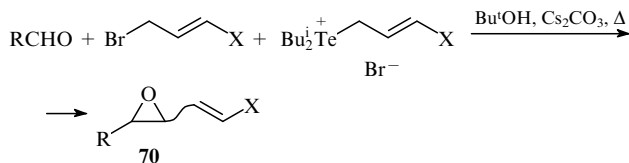


R = Cy, 4-XC₆H₄ (X = H, F, Cl, Br, O₂N, Ph), 2-нафтил, 2-Py.

Последовательность стадий, приводящих к эпексидам **70**, можно представить в виде каталитического цикла. При реакции теллурида с аллилбромидом образуется теллурониевая соль, из которой под действием Cs₂CO₃ генерируется диизобутилаллилид. Реакция последнего с альдегидом приводит к эпексиду и Bu₂Te.



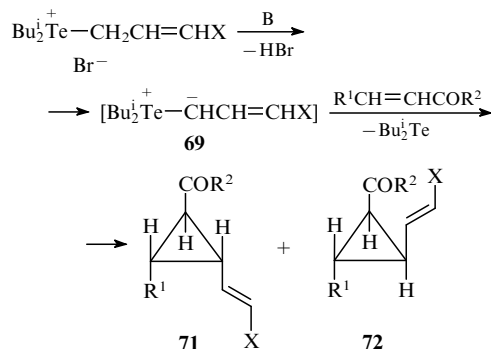
Более эффективный по сравнению с диизобутилтеллуридом катализатор предложен в работе¹³⁶. Винилэпексиды **70** (X = CH=CH₂) были получены при кипячении смеси альдегида, аллилбромида и каталитических количеств теллурониевой соли в присутствии твердого Cs₂CO₃. Оптимальным оказалось использование бромидов аллилдиизобутилтеллурия; при этом потребовалось в 10 раз меньше катализатора (2 мол. %), чем в случае использования диизобутилтеллурида (20 мол. %). Однако реакция нестереоселективна (соотношение изомеров *цис* : *транс* ~ 1 : 1).



X = H: R = 4-ClC₆H₄; X = SiMe₃: R = n-C₅H₁₁, Cy, YC₆H₄ (Y = H, 4-Cl, 2-Cl, 4-O₂N, 4-Me), 2-нафтил.

Теллурониевые илиды типа **69** оказались удобными синтонами при получении замещенных циклопропанов. Впервые триметилсилилвинилциклопропаны **71**, **72** (X = SiMe₃, R¹ = OMe, OEt) были синтезированы с выходами >90% реакцией диизобутилтеллуронийаллилсила **69** (X = SiMe₃), генерированного депротонированием соответствующей теллурониевой соли под действием LiTMP, с α,β-ненасыщен-

ными эфирами.⁴¹ Реакция илидов **69** (X = SiMe₃) с β-арилзамещенными эфирами характеризуется высокой стереоселективностью, поскольку приводит исключительно к *транс*-3-замещенным *транс*-2-триметилсилилвинил-1-алкоксикарбонилциклопропанам **71**. Реакции с *транс*-метилкротонатом и метилметакрилатом менее стереоселективны: смеси изомеров **71**, **72** образуются в соотношениях 1.5 : 1 и 1 : 1 соответственно.⁴¹ Впоследствии эта реакция была распространена на другие илиды типа **69** (X = H,^{137, 138} Me,¹³⁷ SiMe₃¹³⁷⁻¹³⁹), в ней были использованы также эфиры¹³⁷⁻¹³⁹ и амиды α,β-ненасыщенных кислот.^{137, 138} В качестве оснований применяли бис(триметилсилилазиды) щелочных металлов MN(SiMe₃)₂ (M = Na, K),¹³⁷ диизопропиламид лития (LDA)¹³⁸ и LiTMP.¹³⁹



B = MN(SiMe₃)₂ (M = Na, K), LDA, LiTMP; X = H, Me, SiMe₃; R¹ = Me, 2-фурил, R³C₆H₄ (R³ = H, 4-F, 4-Me, 2-MeO, 4-MeO); R² = OMe, OEt, N(CH₂)₄, N(CH₂)₅.

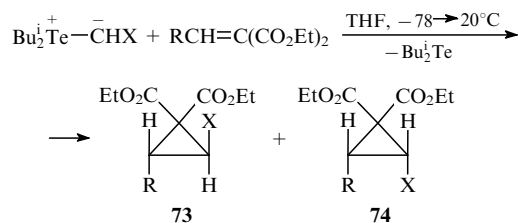
Реакции протекают с высокими выходами, а стереохимия продуктов в первую очередь определяется природой основания. В присутствии катиона лития образуются исключительно *транс, транс*-изомеры **71**. В его отсутствие стереонаправленность реакций меняется и в основном получают *транс, цис*-изомеры **72**. Часто варьированием природы основания удается изменить соотношение изомеров **71** : **72** от 1 : 99 до 99 : 1. Так, для диизобутилтеллурониевой соли с X = SiMe₃ в реакции с метиловым эфиром коричневой кислоты под действием KN(SiMe₃)₂ соотношение изомеров **71** : **72** было < 1 : 99, а при использовании в качестве основания системы LiBr - NaN(SiMe₃)₂ оно оказалось > 99 : 1.¹³⁷ Согласно данным работ^{137, 138}, эффект катиона лития обусловлен его хелатированием с карбонильным атомом кислорода и илидным карбанионом с формированием устойчивого шестичленного цикла. При добавлении же в реакционную смесь гексаметилфосфорамид (ГМФА), координирующего ион лития и ингибирующего образование литиевого хелата, получают *транс, цис*-изомеры **72** с хорошими выходами и высокой селективностью.¹³⁸

Реакции илида **69** (X = SiMe₃) с диэтилфумаратом и диметилмалеатом также приводят к изомерам **71** (R¹ = CO₂Et, R² = Et; R¹ = CO₂Me, R² = Me).⁴¹

В работе¹³⁹ илид **69** (X = SiMe₃) генерировали из соответствующей теллурониевой соли под действием LiTMP и вводили в реакцию с (-)-8-фенилментил-α,β-ненасыщенными эфирами. В результате с высокими выходами и высокой диастереоселективностью были получены *транс*-2-триметилсилилвинил-*транс*-3-замещенные циклопропиловые эфиры.

Диизобутилтеллурониевые илиды **69**, генерированные депротонированием теллурониевых солей бис(триметилсилилазидом) калия(или натрия), гладко реагируют с алкилден- и арилметилденмалоновыми эфирами с образованием эфиров винилциклопропан-1,1-дикарбоновой кислоты **73**, **74**. Реакции протекают с высокими выходами про-

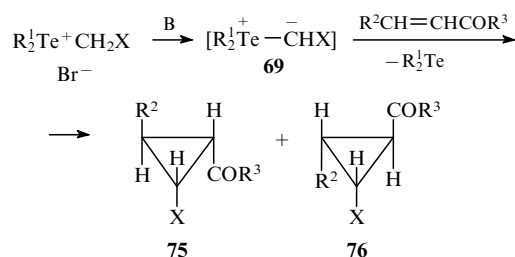
дуктов (81–93%) и высокой *транс*-селективностью (соотношение изомеров **73**:**74** лежит в пределах от 71:29 до 98:2).¹⁴⁰ Добавление к реакционной смеси бромида лития несколько увеличивает содержание *транс*-изомера **73**.



X = CH=CHSiMe₃; R = n-C₆H₁₃, Ph, 4-MeC₆H₄; R = Ph:
X = CH=CH₂, CH=CHMe, CH=CHPh, Ph.

Циклопропаны другого типа образуются при взаимодействии теллурониевых илидов **69** с α,β-ненасыщенными кетонами. Из илидов, генерированных при обработке соответствующих теллурониевых солей твердым NaOH в ТГФ,⁴² KN(SiMe₃)₂ (для X = Ar)¹⁴¹ или Cs₂CO₃ в системе 1,2-диметоксиэтан (ДМЕ) – следы воды,⁴⁵ KN(SiMe₃)₂,¹⁴¹ Bu^tOK¹⁴¹ (для X = CH=CHR, где R = H, Me, SiMe₃, Ph), в результате этого взаимодействия получают циклопропилкетоны **75**, **76** (выходы 52–95%). Реакция высокостереоселективна: основными продуктами являются кетоны **75** (>90% в смеси), в которых кетогруппа и фрагмент X находятся по одну и ту же сторону от плоскости циклопропанового кольца.

Стереохимия реакций теллурониевых илидов с α,β-ненасыщенными кетонами, в отличие от α,β-ненасыщенных эфиров и амидов, не зависит от присутствия катионов лития. Более того, наличие литиевых солей в реакционных смесях уменьшает выходы циклопропанов и способствует образованию эпоксидов.^{45, 141} При использовании α,β-ненасыщенных альдегидов в таких реакциях образуется сложная смесь продуктов.⁴⁵



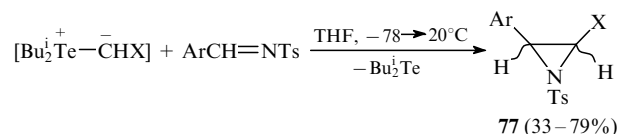
X = CH=CH₂, CH=CHSiMe₃, CH=CHMe, CH=CHPh, Ph, 4-ClC₆H₄; R¹ = Buⁿ, Bu^t; R² = R⁴C₆H₄ (R⁴ = H, 4-Cl, 4-Br, 4-Me, 4-Me₂N, 3-O₂N, 4-O₂N); R³ = Bu^t, Ph, CH=CHPh.

Интересно отметить, что трифениларсонийаллилиды с α,β-ненасыщенными кетонами с высокими выходами дают циклопропилкетоны, имеющие противоположную конфигурацию заместителей по сравнению с продуктами, полученными из теллурониевых илидов.¹⁴¹

Для реакций с участием халконов разработан одnoreакторный метод синтеза циклопропанов без предварительного генерирования теллурониевых илидов.⁴⁵ Этот метод основан на использовании двухфазной системы Cs₂CO₃–ТГФ (со следами воды) в присутствии каталитических количеств диизобутилтеллурида (20 мол. %).

Подобно сульфониевым илидам, теллурониевые илиды реагируют с *N*-сульфонилиминами с образованием азиридинов **77**.^{142, 143} Илиды **69** (X = CH=CHR,¹⁴² C≡CSiMe₃¹⁴³), генерированные из соответствующих теллурониевых солей под действием бис(триметилсилилазида) калия в ТГФ при низких температурах, дают при взаимодействии с *N*-тозил-имидами ароматических альдегидов винил(или этинил)ази-

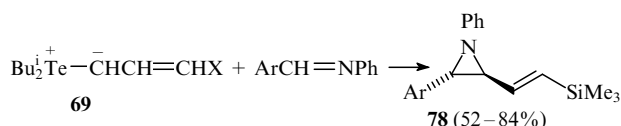
ридины **77** с невысокой стереоселективностью (соотношение изомеров *транс*:*цис* составляет 33:67–58:42).^{142, 143}



Ar = 4-ClC₆H₄; X = CH=CH₂, CH=CHSiMe₃,¹⁴²

Ar = Ph; X = C≡CSiMe₃.¹⁴³

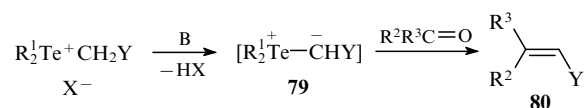
Сульфониевые аллилиды образуют азиридины только при взаимодействии с арилиминами, активированными *N*-сульфонильной¹⁴² или *N*-дифенилфосфионильной группами.¹⁴⁴ Более реакционноспособные теллурониевые аллилиды вступают в аналогичные реакции и с менее активными имидами. Так, при обработке арилиминами теллурониевых аллилидов **69** (X = SiMe₃), полученных депротонированием теллурониевой соли под действием LiN(SiMe₃)₂ в присутствии ГМФА в толуоле при –78°C, получают азиридины **78**.¹⁴⁵ Реакция высокостереоселективна и приводит почти исключительно к *транс*-изомерам (>96%).



X = H, Ar = Ph; X = SiMe₃; Ar = Ph, 4-ClC₆H₄, 4-CF₃C₆H₄, 4-MeOC₆H₄, 2-MeOC₆H₄.

В результате взаимодействия диизобутилаллилида **69** (X = H) с бензилиденанилином образуются азиридины **78** (X = H), однако с меньшим выходом (37%) и с меньшей стереоселективностью (соотношение *транс*:*цис* = 80:20), чем в случае триметилсилильного аналога **69** (X = SiMe₃).¹⁴⁵

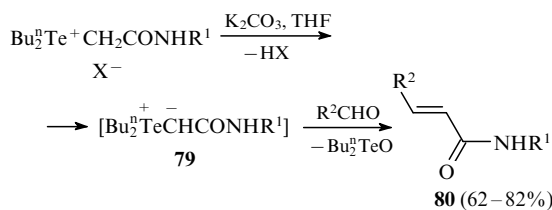
Стабилизированные теллурониевые илиды, содержащие при карбанионном атоме углерода электроотрицательные заместители, в отличие от своих сульфониевых аналогов реагируют с альдегидами и кетонами с образованием олефинов.^{22, 29, 30} Впервые это было показано на примере диалкилтеллуронийэтоксикарбонилметилидов **79** (R¹ = Me, Buⁿ; Y = CO₂Et).²² Илиды **79** генерировали из бромидов этокси-карбонилдиалкилтеллурония под действием *tert*-бутилата калия и конденсировали *in situ* с различными карбонильными соединениями. В результате были получены α,β-ненасыщенные эфиры **80** (Y = CO₂Et, выходы 52–90%), существующие преимущественно в *E*-форме.²² В дальнейшем в аналогичную реакцию были введены фенацильный (Y = C(=O)Ph),²⁹ цианидный (Y = CN)²⁹ и изобутилкарбамоильный (Y = CONH-Buⁱ)³⁰ дибутилтеллуронийметилиды **79** (R¹ = Buⁿ). Эти илиды, генерированные депротонированием галогенидов теллурония под действием Bu^tOK²⁹ или NaNH,³⁰ при взаимодействии *in situ* с альдегидами и кетонами с хорошими выходами (36–83% для Y = CN, 74–81% для Y = C(=O)Ph и 40–71% для Y = CONHBuⁱ) дают олефины **80** с *E*-конфигурацией двойной связи.



X = Br, Cl; Y = CN, CO₂Et, C(=O)Ph, CONHBuⁱ; R¹ = Me, Buⁿ; R², R³ = Alk, Ar.

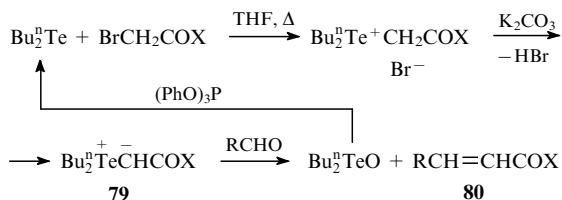
(Алкилкарбамоил)дибутилтеллуронийметилиды **79** (Y = CONHR), полученные обработкой галогенидов (алкилкарбамоилметил)дибутилтеллурония карбонатом калия в ТГФ, при взаимодействии с альдегидами дают α,β-ненасыщенные

амиды **80** ($Y = \text{CONHR}$) с высокой *E*-стереоселективностью и хорошими выходами.¹⁴⁶



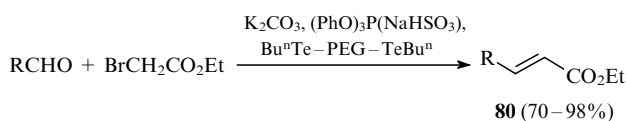
$X = \text{Cl}, \text{Br}; R^1 = \text{Pr}^i, \text{Bu}^i; R^2 = 4\text{-R}^3\text{C}_6\text{H}_4$ ($R^3 = \text{H}, \text{Cl}, \text{Br}, \text{Me}, \text{MeO}$), $\text{CH} = \text{CHPh}$.

Синтез олефинов **80** из α -бромэфиров или α -бромкетонов в присутствии дибутилтеллурида можно провести как циклический каталитический процесс, используя трифенилфосфит в качестве восстановителя выделяющегося $\text{Bu}_2^{\text{n}}\text{TeO}$.³¹ Каталитические количества дибутилтеллурида реагируют с α -бромзамещенными эфирами или кетонами с образованием теллуруниевой соли, которая превращается в илид в условиях межфазного катализа (твердый K_2CO_3 , система ТГФ — следы воды). Реакция илида с альдегидами протекает в присутствии $(\text{PhO})_3\text{P}$ и дает олефины и $\text{Bu}_2^{\text{n}}\text{TeO}$. Последний восстанавливается в исходный дибутилтеллурид, который вновь взаимодействует с бромпроизводными. В качестве восстановителей дибутилтеллурида могут быть использованы также Na_2SO_3 , NaHSO_3 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$.³¹



X	R	Выходы, %
OMe	Cy, Ph, 4-ClC ₆ H ₄ , 4-MeC ₆ H ₄ , PhCH=CH ₂ , 2-фурил	74–98
Pr ⁱ	Ph, 2-Py, n-C ₉ H ₁₉	78–98
Ph	Bu ⁿ , 4-ClC ₆ H ₄ , 2-фурил	72–91

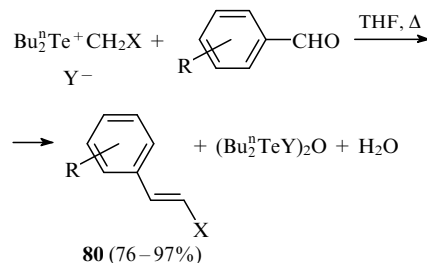
Эта каталитическая реакция требует применения 20 мол.% дибутилтеллурида. Уменьшение количества катализатора снижало выход олефинов даже при увеличении продолжительности процесса. Более эффективным катализатором реакции олефинирования оказался теллурид полиэтиленгликоля (PEG) — $\text{Bu}^{\text{n}}\text{Te}-\text{PEG}-\text{TeBu}^{\text{n}}$ (см.^{48, 147}). Этот теллурид был получен реакцией *O*-тозилированного полиэтиленгликоля с $\text{Bu}^{\text{n}}\text{TeLi}$ (выход 83%).^{48, 147} Ароматические и алифатические альдегиды при взаимодействии с этилбромацетатом в ТГФ или толуоле в присутствии карбоната калия в качестве основания, $(\text{PhO})_3\text{P}$ или NaHSO_3 как восстановителя и всего 2 мол.% соединения $\text{Bu}^{\text{n}}\text{Te}-\text{PEG}-\text{TeBu}^{\text{n}}$ дают α, β -ненасыщенные эфиры **80**. Последние в большинстве случаев имеют *E*-конфигурацию двойной связи (>99% в смеси).



$R = n\text{-C}_9\text{H}_{19}, \text{Cy}, \text{CH} = \text{CHPh}, 4\text{-XC}_6\text{H}_4$ ($X = \text{H}, \text{Cl}, \text{O}_2\text{N}, \text{F}_3\text{C}, \text{Me}, \text{MeO}$), 2-фурил.

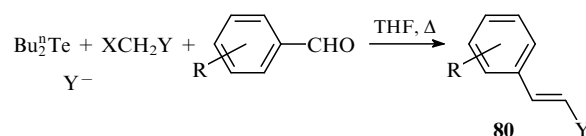
Благодаря сравнительно низкой энергии и высокой полярности связи $\text{Te}-\text{C}$ теллуруниевые соли вступают в

реакции, которые не имеют аналогии в химии их серных и селеновых аналогов. Так, при кипячении в ТГФ теллуруниевые соли конденсируются с ароматическими альдегидами с образованием олефинов без предварительного получения илидов.^{27, 29} Выход *E*-олефинов **80** в ряде случаев несколько выше, чем в методе с применением предварительно полученных илидов.



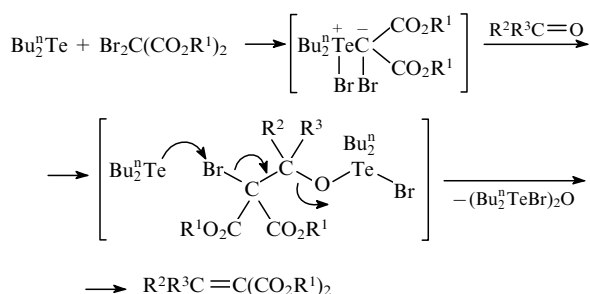
$Y = \text{Cl}, \text{Br}; X = \text{CN}, \text{CO}_2\text{Me}, \text{COPh}; R = 4\text{-Cl}, 4\text{-Br}, 3\text{-O}_2\text{N}, 4\text{-O}_2\text{N}$.

Поскольку теллуруниевые соли легко образуются при взаимодействии дибутилтеллурида с α -бромэфирами(или кетонами) или хлорацетонитрилом, синтез олефинов **80** может быть осуществлен кипячением эквимольных количеств дибутилтеллурида, галогенсодержащего субстрата и альдегида.²⁷ Выходы олефинов **80** лишь немного ниже, чем в случае использования предварительно полученных *in situ* теллуруниевых солей.



$X = \text{Cl}, \text{Br}; Y = \text{CN}, \text{COPh}, \text{CO}_2\text{Me}, \text{CO}_2\text{Et}; R = 4\text{-Cl}, 4\text{-Br}, 3\text{-O}_2\text{N}, 4\text{-O}_2\text{N}$.

Удобную альтернативу реакции Кневенагеля представляет взаимодействие диброммалонатов с карбонильными соединениями под действием дибутилтеллурида (2 экв.).³⁷

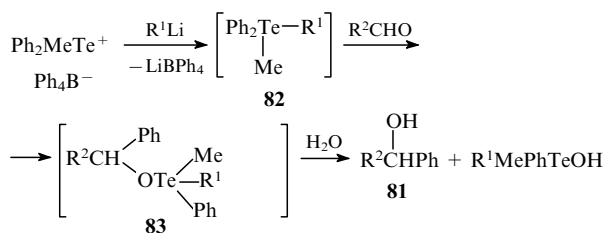


$R^1 = \text{Me}, R^2 = \text{H}, R^3 = \text{Bu}^i; R^1 = \text{Me}, R^2 - R^3 = (\text{CH}_2)_5; R^1 = \text{Et}, R^2 = \text{H}; R^3 = n\text{-C}_9\text{H}_{19}, \text{R}^4\text{C}_6\text{H}_4$ ($R^4 = \text{H}, 2\text{-Cl}, 4\text{-Cl}, 4\text{-O}_2\text{N}, 4\text{-MeO}$), 2-Py, 2-(3-бромтиенил).

Реакция протекает в довольно мягких условиях (нагревание смеси реагентов в ТГФ при 50°C) и приводит к α, β -ненасыщенным малонатам с выходами 84–98%. В работе³⁷ представлен предположительный механизм реакции.

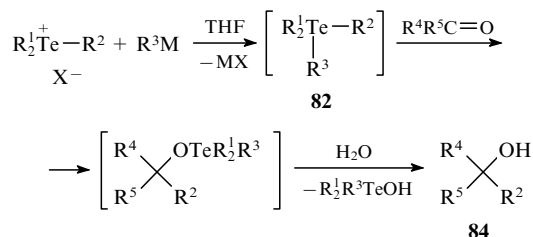
Выше было отмечено, что при депротонировании тетрафенилбората метилдифенилтеллуруния под действием LiTMP генерируется илид $[\text{Ph}_2\text{Te}^+ \text{H}_2\text{C}^-]$, при обработке которого карбонильными соединениями образуются эпосиды типа **70**.¹⁰⁰ К совершенно иному результату приводит взаимодействие этой соли и литийорганических соединений с последующим добавлением в реакционную смесь альдегидов — продуктами являются вторичные спирты **81** (выходы

55–85%).⁹⁹ Это обусловлено тем, что первоначально из исходной теллурониевой соли и литийорганического соединения образуются малостабильные тетраорганителлураны **82** (подобно образованию термически устойчивого тетрафенилтеллурана Ph_4Te из Ph_3TeCl и PhLi или термически нестабильного тетрабутилтеллурана $\text{Bu}_4^{\text{n}}\text{Te}$ из $\text{Bu}_3^{\text{n}}\text{TeI}$ и $\text{Bu}^{\text{n}}\text{Li}$ ^{9, 10}). Реакция теллуранов **82** с карбонильными соединениями сопровождается миграцией одного из радикалов, связанных с атомом теллура, к карбонильному атому углерода; в результате получают интермедиаты **83**. Поскольку предпочтительно мигрирует фенильный радикал, в случае тетрафенилбората метилдифенилтеллурия в такой реакции образуются арилбензиловые спирты **81**.⁹⁹



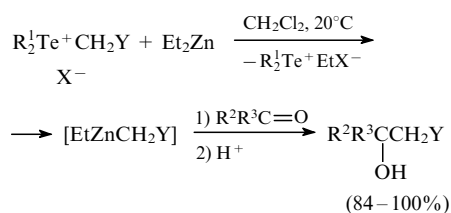
$R^1 = \text{Me, Bu}^n, \text{Bu}^t, \text{Ph}; R^2 = 4\text{-}R^3\text{C}_6\text{H}_4 (R^3 = \text{H, Br, Cl, F, Me, MeO}),$
2-нафтил, 2-Рy.

В тетраорганителлуранах **82** ($R^1 = \text{Bn}, ^{35}$ $\text{CH}_2\text{C}\equiv\text{CSiMe}_3$ ³⁹), образующихся при взаимодействии соответствующих теллуруниевых солей с литий(или магний)-органическими производными, к карбонильному атому углерода мигрируют группы Bn и $\text{CH}_2\text{C}\equiv\text{CSiMe}_3$ соответственно. Это приводит к спиртам **84**, содержащим при α -углеродном атоме бензильную ³⁵ и триметилсиллилэтинилметильную группу.³⁹ Большая серия β -гидроксинитрилов **84** ($R^2 = \text{CH}_2\text{CN}$) была синтезирована аналогичным образом из хлорида дибутил(цианометил)теллуруния.³⁶



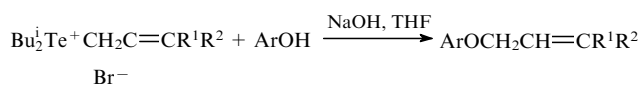
X = Cl, Br; R¹ = Buⁿ, Buⁱ; R² = Bn, CH₂C≡CSiMe₃, CH₂CN;
R³M = MeLi, BuⁿLi, BuⁱLi, PhLi, 4-MeC₆H₄Li, MeMgI;
R⁴ = H, Me, Ph; R⁵ = Alk, Ar, Het; R⁴-R⁵ = (CH₂)₅, (CH₂)₃CH=CH.

Другой пример использования теллуруниевых солей для синтеза спиртов основан на обменной реакции теллур–цинк между теллуруниевыми солями и диэтилцинком. Процесс протекает в мягких условиях (растворитель — CH_2Cl_2 , комнатная температура).¹⁴⁸ Образующиеся *in situ* диорганилцинка производные реагируют с карбонильными соединениями (альдегидами, кетонами, фенолхлоридами), давая после гидролиза алкоголятов вторичные и третичные спирты с высокими выходами.¹⁴⁸



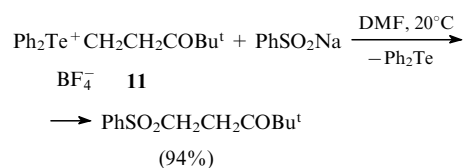
X = Cl, Br, I, BPh₄; Y = CH=CH₂, C≡CSiMe₃, Ph; R¹ = Buⁿ, Buⁱ; R² = H, Ph; R³ = n-C₁₁H₂₃, CH₂Cl, CH=CHPh, Ph, 4-ClC₆H₄.

Бромиды аллил(диалкил)теллурия являются эффективными реагентами аллилирования фенолов. При взаимодействии этих солей с фенолами в присутствии твердого NaOH в ТГФ образуются арилаллиловые эфиры (выходы 81–95%).⁴³



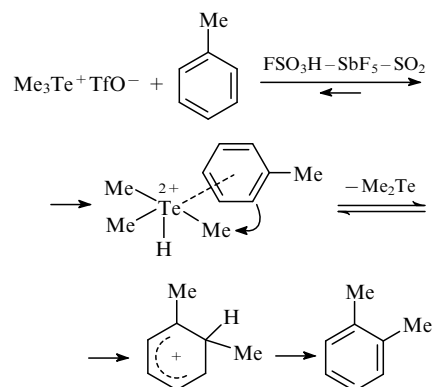
$R^1 = R^2 = H, Me; R^1 = H, R^2 = 4-ClC_6H_4; Ar = Ph, R^3C_6H_4$
($R^3 = 4-Cl, 2-Me, 4-Bu^t$), 1-нафтил, 2-нафтил.

При взаимодействии теллуруниевой соли **11** с фенилсульфинатом натрия получается соответствующий алкилфенилсульфон.¹⁷



В то же время теллуруниевые соли **10** и **14**, в отличие от их иодониевых (например, $\text{PhI}^+ \text{CH}=\text{CR}^1\text{R}^2 \text{BF}_4^-$ (см.¹⁴⁹)) и висмутониевых ($\text{Ph}_3\text{Bi}^+ \text{CH}_2\text{COR BF}_4^-$ (см.¹⁵⁰)) аналогов, не вступают в эту реакцию. На основании этого факта авторы работы¹⁷ сделали вывод, что нуклеофунтность дифенилтеллуруниогруппы ниже, чем фенилиодониио- и трифенилвисмутонииогруппы.

В присутствии суперкислоты (система $\text{FSO}_3\text{H}-\text{SbF}_5-\text{SO}_2$) трифторметилсульфонат триметилтеллурия алкилирует толуол в очень мягких условиях (-78°C), в результате с выходом 25% образуется преимущественно *о*-ксилол, а в качестве минорных продуктов — *мета*- и *пара*-изомеры (соотношение 93 : 6 : 1).⁶⁷



Трифторметилсульфонат дибензотеллурофения **18**, подобно своим селеновому и серному аналогам, может выступать в качестве трифторметилирующего реагента по отношению к различным енолятам, триметилсилиловым эфирам кетонов, анилинам и натриевым солям алкантиолов. Трифторметилирующая способность возрастает в ряду $\text{Te} < \text{Se} < \text{S}$.⁶⁹ Наиболее удобным трифторметилирующим агентом этого класса с точки зрения легкости разделения реакционной смеси является трифторметилсульфонат трифторметилдибензотеллурофений-3-сульфоната,¹⁵¹ поскольку образующаяся в ходе реакции дибензотеллурофен-3-сульфоновая кислота хорошо растворима в воде.

В качестве одной из важных областей практического приложения теллуруниевых солей следует упомянуть использование тетрафторбората и фосфата трифенилтеллуруния как катализаторов жидкофазного окисления олефинов.¹⁵²

V. Кристаллические структуры теллурониевых солей

Методом РСА изучены молекулярные и кристаллические структуры более шестидесяти теллурониевых солей. Величины длин связей с участием атомов теллура, валентные углы $\text{C}—\text{Te}—\text{C}$ и значения координационных чисел (КЧ) атома теллура в этих солях с указанием литературных источников приведены в табл. 1; данные систематизированы в соответствии с типом группировки X.

Характер связи $\text{Te}—\text{X}$ для теллурониевых солей R_3TeX в кристаллическом состоянии в основном определяется природой электроотрицательных группировок X, а в меньшей степени — природой связанных с атомом теллура органических радикалов. Он меняется от чисто ионной до ковалентной. Теллурониевые соли, как и другие соединения теллура,^{157,158} способны образовывать вторичные связи с различными элементами. Наличие таких связей приводит к тому, что КЧ атома теллура в этих соединениях может принимать значения от 3 до 6. Существенное влияние на строение и реакционную способность теллурурганических производных оказывают также внутримолекулярные координационные связи (ВКС) $\text{O} \rightarrow \text{Te}$, $\text{N} \rightarrow \text{Te}$ и др.^{159,160} Природа этих связей определяется главным образом донированием неподеленной электронной пары гетероатомов, входящих в состав таких группировок, как CHO , COR , CO_2R , NO_2 , $\text{N}=\text{N}$, $\text{CH}=\text{N}$, CH_2NR_2 и т.д., на разрыхляющую молекулярную орбиталь (σ^* -МО) связи $\text{Te}—\text{X}$. Внутримолекулярные координационные связи O (или N) $\rightarrow \text{Te}$ всегда следует принимать во внимание при определении КЧ атома теллура, поскольку длины этих связей значительно меньше суммы ван-дер-ваальсовых радиусов участвующих во взаимодействии элементов.

Соли с тетрафенилфторборат-анионами **85a**—с и его перфторированным производным **86**, а также перхлорат **30** и трихлормеркурат **64a** существуют в виде дискретных катионов и анионов, между которыми в большинстве случаев отсутствуют какие-либо существенные вторичные взаимодействия. Длины связей $\text{Te} \cdots \text{F}$ в соли **86** ($3.36 \text{ \AA}$ ⁸⁶) и $\text{Te} \cdots \text{O}$ в соли **30** (среднее значение $3.45 \text{ \AA}$ ^{72,73}) близки к сумме ван-дер-ваальсовых радиусов пар Te , F ($3.53 \text{ \AA}$ ¹³³) и Te , O ($3.60 \text{ \AA}$ ¹³³) и не учитываются при определении КЧ атома Te . Катионы R_3Te^+ имеют тригонально-пирамидальную конфигурацию связей при атоме Te , и КЧ последнего в соединениях **85a,b** и **86** равно 3. В то же время в солях **85c**, **30** и **64** атом Te приобретает тригонально-бипирамидальную конфигурацию связей и его КЧ возрастает до 4. Это обусловлено реализацией в этих солях ВКС $\text{O} \rightarrow \text{Te}$, $\text{N} \rightarrow \text{Te}$, длины которых на $0.7–1.3 \text{ \AA}$ меньше суммы ван-дер-ваальсовых радиусов соответствующих элементов. Тетрафторборат **10a** наряду с ВКС $\text{O} \rightarrow \text{Te}$ ($2.892 \text{ \AA}$ ¹⁷) содержит межионную вторичную связь $\text{Te} \cdots \text{F}$, длина которой ($3.06 \text{ \AA}$ ¹⁷) почти на $0.5 \text{ \AA}$ меньше суммы ван-дер-ваальсовых радиусов Te и F ($3.53 \text{ \AA}$ ¹³³). С учетом этого взаимодействия КЧ атома теллура возрастает до 5.

В солях с комплексными галогенсодержащими анионами MNaI_n ($\text{Hal} = \text{F}, \text{Cl}$) обычно реализуются вторичные меж-ионные связи $\text{Te} \cdots \text{Hal}$, причем более короткие, чем суммы ван-дер-ваальсовых радиусов элементов. Исключение составляет гексафторантимонат **87a**, содержащий три объемные мезитильные группы и существующий в виде дискретных не взаимодействующих ионов. Он имеет тригонально-пирамидальную геометрию, и КЧ атома Te в этом соединении равно 3. Однако уже в бромдимезитилтеллурониевой соли **87b** с наиболее короткими контактами $\text{Te} \cdots \text{F}$ КЧ атома теллура равно 4.⁸¹ Интересно отметить, что в этом соединении наблюдаются относительно короткие вторичные связи $\text{Br} \cdots \text{F}$ ($2.69–2.80 \text{ \AA}$), которые на $0.5–0.6 \text{ \AA}$ меньше суммы их

ван-дер-ваальсовых радиусов ($3.32 \text{ \AA}$ ¹³³). В соли **88** каждый атом Te образует вторичные связи $\text{Te} \cdots \text{Cl}$ с атомами хлора трех анионов AuCl_4^- (см.¹⁰⁶) и, следовательно, для атома Te КЧ 6. В солях **89**, **90** с двухзарядными анионами MCl_6 ($\text{M} = \text{Pt}, \text{Ir}$) обнаружены уже три вторичных взаимодействия $\text{Te} \cdots \text{Cl}$.¹⁰⁶ Однако только наиболее короткие из этих связей принимаются во внимание при определении типа координационного полиэдра атома теллура (тригональная бипирамида с учетом НЭП атома Te ¹⁰⁶) и его КЧ (оно равно 4). Бис(трифенилтеллуроний)ди- μ -хлорбис(дихлормеркурат) **91** содержит симметричные хлормостиковые димерные анионы $\text{Hg}_2\text{Cl}_6^{2-}$ (см.¹²⁸). Три вторичные связи $\text{Te} \cdots \text{Cl}$, длины которых на $0.24–0.47 \text{ \AA}$ меньше суммы ван-дер-ваальсовых радиусов приводят, по данным работы¹²⁸, к КЧ 6 для атома теллура. Координационное число 6 имеет также оиевый атом теллура в гексахлортеллурате бис(трифенил)теллурония **92**.¹⁵³ В этой соли каждый из двух атомов теллура трифенилтеллурониевых катионов связан тремя вторичными связями $\text{Te} \cdots \text{Cl}$ (средняя длина связи составляет $3.527 \text{ \AA}$) с анионом TeCl_6^{2-} . Последний имеет октаэдрическое строение, средняя длина связи $\text{Te} \cdots \text{Cl}$ в анионе составляет $3.545 \text{ \AA}$.¹⁵³ Метилтетраиодотеллурат триметилтеллурония **93**¹⁰ и тетраргентатопентаиодид триэтилтеллурония **94**¹⁵⁴ построены из тригонально-пирамидальных катионов Alk_3Te^+ и квадратно-пирамидальных анионов MeTeI_4^- или тетракоординированных атомов Ag , входящих в состав анионов $[\text{Ag}_4\text{I}_5]^-$ (см.¹⁵⁴). Учитывая, что наиболее короткие связи $\text{Te} \cdots \text{I}$ в обеих солях всего на $0.2 \text{ \AA}$ меньше суммы ван-дер-ваальсовых радиусов Te и I ($4.04 \text{ \AA}$ ¹³³), КЧ атома теллура в этих соединениях следует, вероятно, считать равным 3 и 4 соответственно.

Интересно, что (*R*)- и (*S*)-диастереомеры камфор-10-сульфоната метил(фенил)этилтеллурония **60a** отличаются не только длинами связей $\text{Te}—\text{S}$ и валентными углами $\text{C}—\text{Te}—\text{C}$, но и количеством вторичных взаимодействий атома теллура с кислородными атомами сульфонатной группы. В (*R*)-изомере в кристаллическом состоянии обнаружены две вторичные связи $\text{Te} \cdots \text{O}$ (2.88 и $3.05 \text{ \AA}$ ^{54–56,124}) и, следовательно, атом Te имеет квадратно-пирамидальную геометрию (КЧ 5). В то же время (*S*)-изомер содержит три связи $\text{Te} \cdots \text{O}$ (3.00 , 3.01 и $3.03 \text{ \AA}$ ^{56,124}) с октаэдрической конфигурацией вокруг атома Te (КЧ 6). Однако в теллурониевой соли **95** с трифторметилсульфонатным анионом наблюдается один $\text{Te} \cdots \text{O}$ -контакт ($2.61–2.68 \text{ \AA}$) и КЧ атома Te в этой соли составляет 4.⁸²

Различие в типе вторичных взаимодействий между оптическими изомерами обусловлено, по мнению авторов работы⁵⁶, особенностями кристаллической упаковки молекул. Следует отметить, что длины связей $\text{Se} \cdots \text{O}$ (3.03 и $3.32 \text{ \AA}$) в камфор-10-сульфонате (*R*)-метилфенилэтилселенония¹⁶¹ больше, чем в его теллуриновом аналоге (*R*)-**60a**, хотя ван-дер-ваальсовый и ковалентный радиусы селена меньше, чем теллура. Это свидетельствует, очевидно, в пользу того, что катион-анионные взаимодействия в теллурониевых солях сильнее, чем в селенониевых.

Соли, содержащие нуклеофильные галогенид-анионы, существуют в кристаллическом состоянии в виде нескольких типов структур. В бромиде триэтилтеллурония **1e** каждый атом теллура включен в три вторичные взаимодействия с атомами брома (средняя длина связи $\text{Te} \cdots \text{Br}$ составляет $3.56 \text{ \AA}$ ²⁴ при сумме ван-дер-ваальсовых радиусов элементов $3.91 \text{ \AA}$ ¹³³). В результате образуются кубаноподобные тетрамеры, в которых атомы Te и Br попеременно занимают углы Te_4Br_4 -скелета. Наличие у атома теллура трех первичных связей $\text{Te}—\text{C}$ и трех вторичных связей $\text{Te} \cdots \text{Br}$ приводит к искаженному октаэдрическому окружению Te (КЧ 6). Подобное строение имеет хлорид триэтилтеллурония **1b** (средняя длина связи $\text{Te} \cdots \text{Cl}$ равна $3.45 \text{ \AA}$,²⁵ а сумма ван-дер-вааль-

Таблица 1. Значения длин связей и валентных углов в молекулах триорганителлуриновых солей $R^1R^2R^3Te^+X^-$.

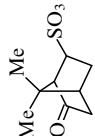
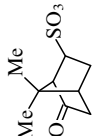
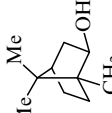
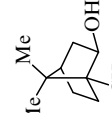
Соединение	X	R ¹	R ²	R ³	Длины связей, Å		Валентный угол C–Te–C, град	КЧ атома Te	Ссылки
					Te–C	Te–гетероатом			
85a	BPh ₄	Me	Me	Me	2.113–2.163		90.4–93.0	3	10
85b	BPh ₄	Me	Ph	Ph	2.123–2.132		91.5–97.7	3	46
85c	BPh ₄	Bu	Bu ^t O ₂ CCH ₂	PhO(CH ₂) ₃	2.098–2.205	2.926 (Te...OPh), 3.282 (Te...O = COBu ^t)	88.7–93.4	4	48
30	ClO ₄	Me	Bu ⁿ	2-(PhN=CH)C ₆ H ₄	2.121–2.148	2.75 (Te...N), 3.31, 3.448, 3.558 (Te...O)	92.5–97.8	4	72, 73
64a	HgCl ₃ ^a	Cl	4-EtOC ₆ H ₄	2-(2-Py)C ₆ H ₄	2.05–2.11	2.43 (Te–Cl), 2.31 (Te...N)	101.0	4	130
86	Bi(C ₆ F ₅) ₄	Ph	Ph	Ph	2.103–2.117	3.363 (Te...F)	97.1–99.2	3	86
10a	BF ₄	Bu ^t COCH ₂	Ph	Ph	2.109–2.130	2.892 (Te...O), 3.065 (Te...F)	94.8–98.9	4(5)	17
87a	SbF ₆	Mes	Mes	Mes	2.131–2.137		104.4–109.3	3	81
87b	SbF ₆ ^b	Mes	Mes	Br	2.116–2.139	2.479, 2.509 (Te–Br), 2.62, 2.66, 2.93, 3.24 (Te...F)	106.4–106.8	4	81
88	AuCl ₄	Ph	Ph	Ph	2.112–2.122	3.064–3.400 (Te...Cl)	96.5–98.7	6	106
89	PtCl ₆	Ph	Ph	Ph	2.095–2.131	3.331–3.843 (Te...Cl)	93.5–100.9	4	106
90	IrCl ₆	Ph	Ph	Ph	2.094–2.139	3.13–3.743 (Te...Cl)	94.1–100.9	4	106
91	Hg ₂ Cl ₆	Ph	Ph	Ph	2.097–2.119	3.337, 3.489, 3.574 (Te...Cl)	94.4–101.3	6	128
92	TeCl ₆	Ph	Ph	Ph	2.120	3.527 (Te...Cl)	97.72	6	153
93	MeTeI ₄	Me	Me	Me	2.007–2.127	3.84, 3.88, 3.97, 4.00 (Te...I)	90.7–98.6	3(4)	10
94	Ag ₄ I ₅ ^c	Et	Et	Et	2.11–2.16	3.822, 4.051, 4.166, 4.231 (Te...I)	91.0–96.0	3(4)	154
(R)-60a		Me	Et	Ph	2.117–2.170	2.88, 3.05 (Te...O)	93.7–96.6	5	54–56, 124
(S)-60a		Me	Et	Ph	2.09–2.200	3.00, 3.01, 3.03 (Te...O)	92.0–100.8	6	56, 124
95	OTf	C ₆ F ₅	C ₆ F ₅	C ₆ F ₅	2.062–2.142	2.61–2.68 (Te...O)	91.1–106.1	4	82
1a	Cl	Me	Me	Me	2.108–2.114	3.318 (Te...Cl)	93.9–96.2	5	28
1b	Cl	Et	Et	Et	2.15	3.448 (Te...Cl)	85.8	6	25
(S)-32a	Cl	Me	Et		2.082–2.165	C _{sym} ^d	92.9–96.5	–	75
(R)-32a	Cl	Et	Me		2.092–2.150	C _{sym} ^d	92.0–96.5	–	75

Таблица 1 (продолжение).

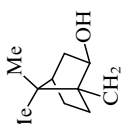
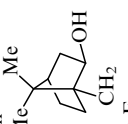
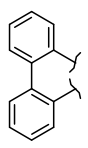
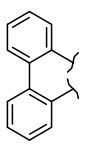
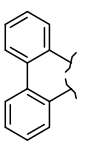
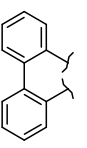
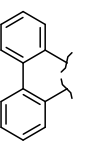
Соединение	X	R ¹	R ²	R ³	Длины связей, Å		Валентный угол C–Te–C, град	КЧ атома Te	Ссылки
					Te–C	Te–гетероатом			
32b	Cl	Et	PhCH ₂	Me 	2.132–2.161	3.153 (Te...Cl), 2.841 (Te...O)	80.1–95.8	5	74
1c	Cl	Ph	Ph	Ph	2.115–2.144	3.142, 3.234 (Te...Cl)	93.4–97.1	5	28, 155
1d	Cl	C ₆ F ₅	C ₆ F ₅	C ₆ F ₅	2.108–2.207	2.670, 3.47 (Te...Cl)	87.8–102.3	5	156
1e	Br	Et	Et	Et	2.14	3.564 (Te...Br)	89.3	6	24
1f	Br	Bu ⁱ	Bu ⁱ	Ph	2.113–2.122	3.293 (Te...Br)	92.8–93.7	4	46
32c	Br	Me	PhCH ₂	Me 	2.122–2.161	См. ^d	93.6–97.4	5	47
1g	Br ^e	C ₆ F ₅	C ₆ F ₅	C ₆ F ₅	2.13–2.21	2.834, 3.570 (Te...Br)	89.2–102.0	5	82
1h	I	Me	Me	Me	2.120–2.129	3.698, 3.731, 3.813 (Te...I)	92.2–95.7	6	28
1i	I	Et	Et	Et	2.11–2.16	3.813, 3.861, 4.494 (Te...I)	96.6–101.2	5	25
1j	I	Me	Me	Ph	2.128–2.132	3.659, 3.758 (Te...I)	93.7–95.4	5	57
1k	I ^f	Me	Me	C≡CTeMe	2.069–2.136	3.58, 3.76 (Te...I), 3.45, 3.70 (Te ⁺ ...I), 3.77 (Te ⁺ ...Te)	92.07–97.09	6	65
1l	I	Mes	Mes	Mes	2.134–2.148	4.128 (Te...I)	103.7–110.5	3	13
96	ONO ₂	Me	Me	Me	2.107–2.112	3.002, 3.018, 3.138 (Te...O)	94.6–95.7	6	28
42a	OCOPh	2-PhC ₆ H ₄			2.110–2.133	2.469 (Te–O), 3.182 (Te...O=C)	80.9–99.3	5	83
42b	OCOMe	2-PhC ₆ H ₄			2.116–2.153	2.491 (Te–O), 3.181 (Te...O=C)	80.3–97.2	6	83
42c	OPh	2-PhC ₆ H ₄			2.104–2.175	2.294 (Te–O)	79.7–103.9	4	84
42d	OC ₆ H ₄ NO ₂ -4	2-PhC ₆ H ₄			2.102–2.150	2.461 (Te–O)	80.2–99.1	4	85
42e	OC ₆ H ₄ Cl ₃ -2,4,6	2-PhC ₆ H ₄			2.108–2.159	2.762 (Te–O), 2.787 (Te–O)	81.3–96.5	5	85

Таблица 1 (окончание).

Соеди- нение	X	R ¹	R ²	R ³	Длины связей, Å		Валентный угол C—Te—C, град	КЧ атома Te	Ссылки
					Te—C	Te—гетероатом			
50c	TeC ₆ H ₄ Me-4	Ph	Ph	Ph	2.132–2.187	3.32, 3.38, 3.53, 3.60 (Te...Te)	91.1–96.3	5	113
50c	TeC ₆ H ₄ OMe-4	Ph	Ph	Ph	2.122–2.171	3.40, 3.44, 3.45, 3.48 (Te...Te)	90.9–98.5	5	14
50b	SeC ₆ H ₄ Me-4	Ph	Ph	Ph	2.119–2.179	3.15, 3.28, 3.31, 3.34 (Te...Se)	90.8–94.9	5	113
50a	SC ₆ H ₄ Cl-4	Ph	Ph	Ph	2.120–2.170	3.02–3.64 (Te...S)	90.8–96.7	5	112
97	OC ₆ H ₂ (NO ₂) ₃ -2,4,6	Me	Me	CF ₃	2.111–2.192	2.496 (Te—O), 3.134, 3.138 (Te...O)	89.9–95.1	6	98
98a	OCN	Me	Me	Me	2.110–2.121	2.983, 3.103 (Te...N), 3.095 (Te...O)	93.3–95.4	6	104
98b	OCN	Ph	Ph	Ph	2.102–2.156	2.783, 3.005, 3.171 (Te...N), 2.891, 3.028 (Te...O)	92.8–99.0	5, 6	105
99a	SCN	Me	Me	Me	2.113–2.120	3.185 (Te...N), 3.390, 3.488 (Te...S)	92.7–96.7	6	104
99b	SCN	Ph	Ph	Ph	2.100–2.150	2.963, 3.153, 3.182 (Te...N), 3.256, 3.348, 3.527 (Te...S)	92.3–100.0	5, 6	10
100a	SeCN	Me	Me	Me	2.107–2.124	3.252 (Te...N), 3.471, 3.553 (Te...Se)	93.3–96.6	6	104
100b	SeCN ^g	Ph	Ph	Ph	2.120–2.139	3.125 (Te...N), 3.442, 3.541 (Te...S)	93.4–99.9	6	104
101a	N ₃	Me	Me	Me	2.107–2.143	2.938, 3.006, 3.018, 3.032, 3.037 (Te...N)	92.5–94.7	6	104
101b	N ₃ ^g	Ph	Ph	Ph	2.120–2.146	2.772, 2.867, 2.946, 3.00, 3.027 (Te...N)	92.7–98.8	6	104
102a	Ag(CN) ₂	Me	Me	Me	2.100–2.109	3.154, 3.270, 3.407 (Te...N)	93.6–95.9	6	104
102b	Ag(CN) ₂	Ph	Ph	Ph	2.119–2.121	3.162, 3.346, 3.501 (Te...N)	94.4–99.5	6	104
54a	SC(S)NPr ₂ ^g	Ph	Ph	Ph	2.128–2.163	3.095, 3.145 (Te...S)	92.0–97.3	5	119
52a	SC(S)OMe	Ph	Ph	Ph	2.123–2.188	3.174–3.270 (Te...S)	91.7–97.9	5	115
52b	SC(S)OBu ^a (см. ^g)	Ph	Ph	Ph	2.142–2.172	3.123–3.535 (Te...S)	88.4–97.8	5	115
56a	SP(S)Ph ₂	Ph	Ph	Ph	2.129–2.139	3.331–3.655 (Te...S)	94.4–101.2	5	121
55a	SP(S)(OEi) ₂	Ph	Ph	Ph	2.134–2.136	3.150–3.286 (Te...S)	95.2–96.9	5	112
59a	N{P(O)Ph ₂ } ₂	Ph	Ph	Ph	2.111–2.131	2.654, 2.926 (Te...O)	94.1–97.0	5	123
59b	N{P(S)Ph ₂ } ₂	Ph	Ph	Ph	2.121–2.143	3.264, 3.451 (Te...S)	96.8–97.4	5	121
59c	N{P(O)Ph ₂ }{P(S)Ph ₂ }	Ph	Ph	Ph	2.113–2.137	2.771 (Te...O), 3.282 (Te...S)	94.5–96.3	5	123

^a Углы C—Te—C лежат в пределах 88.5–91.7° (см.¹³⁰); ^b соль содержит две независимые ионные пары, в которых углы C—Te—Br составляют 91.6–101.8° (см.⁸¹); ^c соль неожиданно была выделена при попытке получить диэтилтиофосфат триэтилтеллурия обменной реакцией иодида триэтилтеллурия с диэтилтиофосфатом серебра (см.¹⁵⁸); ^d данные о вторичных связях отсутствуют; ^e сольват с бензолом состава 1:1; ^f связи незаряженного атома теллура: Te—C(sp)³ и Te—C(sp) составляют 2.149 и 2.067 Å соответственно (см.⁶⁵); ^g сольват с хлороформом состава 1:0.5.

совых радиусов Te и Cl — $3.81 \text{ \AA}^{133}$). В иодиде триметилтеллуруния **1h** обнаружены три вторичные связи $\text{Te}\cdots\text{I}$ со средней длиной связи $3.75 \text{ \AA}^{28}$ при сумме ван-дер-ваальсовых радиусов $4.04 \text{ \AA}^{133}$ и КЧ атома Te также равно 6.

Другую структуру имеет иодид триэтилтеллуруния **1i**.²⁵ Катионы этой соли связаны в центросимметричные димеры мостиковыми атомами иода (средняя длина связи $\text{Te}\cdots\text{I}$ $3.84 \text{ \AA}$). В отличие от рассмотренных выше галогенидов каждый атом теллура включает два вторичных взаимодействия, что приводит к квадратно-пирамидальному окружению атома теллура (КЧ 5). Такие же конфигурации связей обнаружены в хлоридах триметил- (**1a**),²⁸ трифенил- (**1e**)^{28, 155} и трис(пентафторфенил)теллуруния (**1d**),¹⁵⁶ бромиде трис(пентафторфенил)теллуруния (**1g**)⁸² и иодиде диметилфенилтеллуруния (**1j**).⁵⁷ В (S)-диастереомере оптически активной теллуруниевой соли **32b** КЧ 5 для атома Te обусловлено наличием двух вторичных связей: $\text{Te}\cdots\text{Cl}$ ($3.153 \text{ \AA}$) и $\text{Te}\cdots\text{O}$ ($2.842 \text{ \AA}$),⁷⁴ длины которых значительно меньше суммы ван-дер-ваальсовых радиусов соответствующих элементов. В хлориде трис(2-диметиламинобензил)теллуруния (не включен в таблицу) все три атома азота координируются атомом теллура, что приводит к октаэдрическому окружению последнего¹⁴ (КЧ 6). Длина ВКС $\text{N}\rightarrow\text{Te}$ в этом соединении несколько больше, чем в солях **30** и **64a** с sp^2 -гибридизованными атомами азота. Атомы хлора не участвуют во вторичных взаимодействиях (кратчайшее расстояние $\text{Te}\cdots\text{Cl}$ составляет $4.72 \text{ \AA}$, что на $0.9 \text{ \AA}$ превышает сумму ван-дер-ваальсовых радиусов Te и Cl ($3.81 \text{ \AA}^{133}$)). В иодиде метилтеллурозетинилдиметилтеллуруния (**1k**) каждый атом иода образует вторичные связи с четырьмя атомами теллура.⁶⁵ Связи $\text{Te}^+\cdots\text{I}$ (3.45 и $3.70 \text{ \AA}$) короче связей $\text{MeTe}\cdots\text{I}$ (3.58 и $3.76 \text{ \AA}$). В кристалле соли **1k** обнаружены также сравнительно короткие связи $\text{Te}^+\cdots\text{Te}$, длина которых ($3.77 \text{ \AA}$) примерно на $0.4 \text{ \AA}$ меньше суммы ван-дер-ваальсовых радиусов элементов ($4.12 \text{ \AA}^{133}$). С учетом этих взаимодействий КЧ ониевого атома Te равно 6, а атома теллура, связанного с $\text{C}(\text{sp}^3)$ - и $\text{C}(\text{sp})$ -атомами, — 5^{65} .

Наличие объемистых мезитильных радикалов в иодиде тримезитилтеллуруния (**1l**) является вероятной причиной того, что в этой соли не обнаружено сколь-нибудь значительных вторичных взаимодействий с участием атома теллура. Длина связи $\text{Te}\cdots\text{I}$ в составляет $4.13 \text{ \AA}$,¹³ что почти на $0.1 \text{ \AA}$ превышает сумму ван-дер-ваальсовых радиусов Te и I ($4.04 \text{ \AA}^{133}$).

Бензоат 2-бифенил(дибензотеллурофения) (**42a**)⁸³ имеет строение тригональной бипирамиды, характерное для σ -теллуранов R_2TeX_2 ($\text{X} = \text{Hal}$, OCOR , ONO_2 и др.).¹⁶² с ковалентными связями $\text{Te}-\text{X}$. Апикальные положения занимают атом O и одна из связей $\text{Te}-\text{C}$ дибензотеллурофенового фрагмента (угол между апикальными заместителями 159.9°). Длина связи $\text{Te}-\text{O}$ ($2.469 \text{ \AA}$) на $0.3 \text{ \AA}$ больше, чем в дифенилтеллуроацетате $\text{Ph}_2\text{Te}(\text{OAc})_2$ ($2.16 \text{ \AA}^{163}$). Вторичная связь $\text{Te}\cdots\text{O}$ между атомами теллура и карбонильным атомом кислорода той же молекулы ($3.182 \text{ \AA}$) примерно на $0.4 \text{ \AA}$ меньше суммы ван-дер-ваальсовых радиусов элементов. С учетом этой связи КЧ атома Te равно 5. Если бензоат **42a** в кристаллическом состоянии существует в виде мономера, то ацетат **42b** представляет собой димер вследствие образования вторичных связей $\text{Te}\cdots\text{O}$ с карбонильными атомами кислорода не только своей ($2.491 \text{ \AA}$), но и соседней молекулы ($3.181 \text{ \AA}^{83}$). Если принимать во внимание эти связи, то КЧ атома Te становится равным 6. Различие в строении бензоата **42a** и ацетата **42b** может быть объяснено стерическими факторами (разные объемы групп OCOPh и OSOMe).⁸³

Феноляты 2,2'-бифенилен-2-бифенилтеллуруния **42c**⁸⁴ и **42d**⁸⁵ имеют одинаковое строение. Координационный полиэдр атома теллура в них — искаженная тригональная би-

пирамида, апикальные положения которой занимают атом O и одна из связей $\text{Te}-\text{C}$ дибензотеллурофена (углы между апикальными заместителями в обоих соединениях составляют 159.6°). Связь $\text{Te}-\text{O}$ в 4-нитрофеноксипроизводном **42d** ($2.461 \text{ \AA}$) почти на $0.2 \text{ \AA}$ длиннее, чем в незамещенном производном **42c** ($2.294 \text{ \AA}$). Отсутствие каких-либо вторичных взаимодействий в кристаллах соединений **42c, d** приводит к тому, что КЧ атома Te равно 4. В отличие от мономерных феноксипроизводных **42c, d** соль **42e** с 2,4,6-трихлорфеноксильным заместителем существует в виде димера.⁸⁵ В последней длины первичной связи $\text{Te}-\text{O}$ ($2.762 \text{ \AA}$) и вторичной связи $\text{Te}\cdots\text{O}$ между атомом теллура и атомом кислорода соседней молекулы ($2.787 \text{ \AA}$) практически одинаковы; конфигурация связей при атоме теллура — искаженная квадратно-пирамидальная, и его КЧ равно 5. Постепенное увеличение длин связей $\text{Te}-\text{O}$ в ряду фенолятов **42c-e** отражает, по мнению авторов работы⁸⁵, постепенное изменение характера связи $\text{Te}-\text{X}$ от преимущественно ковалентной до ионоподобной.

Подобно феноляту **42e**, халькогеноляты трифенилтеллуруния **50b, c** существуют в виде димеров, представляющих практически плоские циклические фрагменты Ar_8Te_4 и $\text{Ar}_8\text{Te}_2\text{Se}_2$.¹¹³ Длины четырех вторичных взаимодействий $\text{Te}\cdots\text{Te}$ в среднем составляют 3.451 (**50c**, $\text{X} = \text{TeC}_6\text{H}_4\text{Me}-4$) и $3.441 \text{ \AA}$ (**50c**, $\text{X} = \text{TeC}_6\text{H}_4\text{OMe}-4$), что значительно меньше суммы ван-дер-ваальсовых радиусов атомов Te ($4.40 \text{ \AA}^{133}$). Длины связей $\text{Te}\cdots\text{Se}$ в селеноляте **50b** ($3.269 \text{ \AA}$) примерно на $0.2 \text{ \AA}$ короче связей $\text{Te}\cdots\text{Te}$ и на $0.7 \text{ \AA}$ меньше суммы ван-дер-ваальсовых радиусов Te и Se ($3.96 \text{ \AA}^{133}$). Таким образом, КЧ атома Te в описанных выше теллуролятах и селенолятах равно 5. В то же время, по данным работы¹¹², 4-хлорфенилтиолят трифенилтеллуруния (**50a**) в твердом состоянии существует в форме тетрамера, в котором каждый атом теллура (КЧ 5) образует две вторичные связи с атомами серы, расстояния $\text{Te}\cdots\text{S}$ лежат в пределах $3.02-3.64 \text{ \AA}$.

Иное строение по сравнению с соединениями **42c-e** и **50a-c** имеет 2,4,6-тринитрофенолят диметил(трифторметил)теллуруния (**97**).⁹⁸ Координационный полиэдр атома теллура в нем (с учетом НЭП) — искаженная пентагональная бипирамида. Апикальные положения заняты трифторметильной группой (длина связи $\text{Te}-\text{C}$ $2.192 \text{ \AA}$) и фенольным атомом кислорода (длина связи $\text{Te}-\text{O}$ $2.496 \text{ \AA}$), а в экваториальных положениях находятся две метильные группы (средняя длина связи $\text{Te}-\text{C}$ $2.113 \text{ \AA}$), два атома кислорода нитрогрупп двух соседних молекул (длины вторичных связей $\text{Te}\cdots\text{O}$ составляют 3.134 и $3.138 \text{ \AA}$) и неподеленная электронная пара (НЭП) атома теллура. Таким образом, в феноляте **97** КЧ атома Te равно 6.

Согласно данным работы¹⁰⁴, в содержащих халькогенцианатные анионы XCN ($\text{X} = \text{O}, \text{S}, \text{Se}$) солях **98a, 99a, 100a, b** с учетом вторичных взаимодействий наблюдается октаэдрическое окружение связей вокруг атома Te (КЧ 6). Вследствие того, что анионы XCN являются амбидентными, в кристаллах этих соединений реализуются как $\text{Te}\cdots\text{N}$ -, так и $\text{Te}\cdots\text{X}$ -взаимодействия. При этом в солях **99a** и **100a, b**, содержащих мягкие атомы S и Se,⁹³ осуществляются две связи этих атомов с мягким атомом Te и одна вторичная связь $\text{Te}\cdots\text{N}$. В цианате триметилтеллуруния (**98a**) с более жестким атомом O реализуется лишь одна вторичная связь $\text{Te}\cdots\text{O}$ ($3.10 \text{ \AA}$) и две вторичные связи $\text{Te}\cdots\text{N}$ (2.98 , $3.10 \text{ \AA}$). В цианате (**98b**)¹⁰⁵ и тиоцианате трифенилтеллуруния (**99b**)¹⁰ обнаружены вторичные связи $\text{Te}\cdots\text{X}$ ($\text{X} = \text{O}, \text{S}$) и $\text{Te}\cdots\text{N}$ примерно той же длины, что и в соответствующих солях триметилтеллуруния.¹⁰⁴ Цианат **98b** содержит дискретные тетрамеры, в которых два атома Te имеют искаженное квадратно-пирамидальное окружение (КЧ 5), а два других — искаженное октаэдрическое окружение (КЧ 6). Тиоцианат трифенилтеллуруния (**99b**) построен из димеров, в которых КЧ атома

теллура равно 5, и тетрамеров, в которых Те пяти- и шести-координирован.

В азидах триметил- (**101a**)¹⁰⁴ и трифенилтеллуруния (**101b**)¹⁰⁴ атомы теллура связаны с концевыми атомами азота почти линейных азидогрупп, что приводит к искаженному октаэдрическому окружению атома Те (КЧ 6). Средняя длина вторичной связи Те...N составляет 3.0 Å, что на 0.65 Å меньше суммы ван-дер-ваальсовых радиусов атомов Те и N. Подобная координация атомов теллура наблюдается и в дицианоаргентатах триорганителлуруний **102a,b**.¹⁰⁴ Атомы Те образуют две более короткие вторичные связи Те...N (3.15, 3.27 Å в триметилтеллуруниевой соли **102a** и 3.16, 3.35 Å в ее фенильном аналоге **102b**) и одну более длинную связь Те...N (3.41, 3.50 Å соответственно). Последние связи всего на 0.15–0.25 Å меньше суммы ван-дер-ваальсовых радиусов атомов Те и N.

Теллуруниевые соли с 1,1-дитиолигандами SC(S)X (X = NR₂, OR) (соединения **52a,b**, **54a**) существуют в виде двух основных структур. Дитиокарбамат трифенилтеллуруния (**54a**)¹¹⁹ и алкилксантогенат трифенилтеллуруния (**52a**)¹¹⁵ в кристаллическом состоянии димерны вследствие образования вторичных связей Те...S. Это приводит к искаженному октаэдрическому (с учетом НЭП) окружению атома Те (КЧ 5). Длины связей Те...S в солях **52a** и **54a** лежат в пределах 3.10–3.27 Å. В отличие от этих солей изобутилксантогенат трифенилтеллуруния (**52b**) является мономером.¹¹⁵ Ксантогенатный фрагмент хелатируется только одним атомом теллура. Одна из двух вторичных связей Те...S (3.535 Å) почти на 0.4 Å длиннее, чем другая (3.123 Å). Различие в строении метил- и изобутилксантогенатов обусловлено, вероятно, стерическими препятствиями, создаваемыми изобутильной группой при образовании димера.

Соли **55a**, **56a** и **59a** – с различными фосфорными лигандами всегда мономерны. В соединениях **55a** и **56a**, содержащих дитиофосфорные заместители SP(S)(OEt)₂ (см.¹¹²) и SP(S)Ph₂,¹²¹ атом теллура пентакоординирован (искаженное квадратно-пирамидальное окружение). Помимо трех первичных связей Те–С каждый атом теллура образует две вторичные связи Те...S. При этом в соли **55a** связи Те...S (3.15 и 3.29 Å) несколько короче, чем в соли **56a** (3.33 и 3.66 Å).

В дихалькогеноимидодифосфинатах трифенилтеллуруния **59a**–с реализуются шестичленные хелатные кольца TeX₂P₂N (X = O,¹²³ S¹²¹) и TeOSP₂N.¹²³ Вторичные связи Те...О (2.65–2.93 Å) и Те...S (3.26–3.45 Å) обуславливают искаженную квадратно-пирамидальную геометрию связей при атоме теллура (КЧ 5).

Таким образом, многообразие структур теллуруниевых солей свидетельствуют о реализации в кристаллическом состоянии различных типов взаимодействий с участием атома теллура.

VI. Заключение

Приведенные в обзоре данные свидетельствуют о том, что химия теллуруниевых солей в последние 20–25 лет получила значительное развитие. Предложены новые эффективные методы получения этих соединений, осуществлен синтез неизвестных ранее типов теллуруниевых солей. Значительный прогресс наблюдается в области применения теллуруниевых солей в препаративной органической химии. Получаемые при депротонировании теллуруниевых солей и используемые *in situ* теллуруниевые илиды дают при взаимодействии с различными карбонильными соединениями циклопропаны, азиридины, оксираны, олефины, бензиловые и пропаргиловые спирты, а также β-гидроксинитрилы. Большинство этих реакций протекает с хорошими выходами и высокой стереоселективностью. Особый интерес представляет синтез олефинов, содержащих при двойной связи электроноакцепторные заместители (CO₂R, COR, CN), реак-

цией диалкилтеллуридов с соответствующими броморганическими производными и альдегидами. Подобные реакции не имеют аналогий в химии сульфониновых и селениновых солей. Рентгеноструктурный анализ более шестидесяти теллуруниевых солей показал, что благодаря способности атома теллура может иметь координационное число от 3 до 6.

Прогресс в химии теллуруниевых солей видится в дальнейшем развитии трех основных областей. Во-первых, это разработка новых препаративных методов получения теллуруниевых солей с использованием элементоорганических соединений, прежде всего производных ртути, кремния и олова, и высокоэлектрофильных теллуруорганических интермедиатов. Во-вторых, легкость расщепления связей С–Те⁺ делает особенно продуктивным поиск новых реакций, позволяющих получать из теллуруниевых солей различные органические производные; следует обратить внимание на усовершенствование одnoreакторных процессов, в которых можно использовать каталитические количества теллуруниевых солей или их предшественников (диорганителлуридов). Наконец, важным представляется продолжение рентгеноструктурных исследований теллуруниевых солей, содержащих различные внутримолекулярные координационные связи О→Те, N→Те, что может привести к обнаружению новых структурных типов этих соединений.

Обзор написан при финансовой поддержке программы «Ведущие научные школы РФ» (грант НШ-945.2003.3).

Литература

1. F.Woehler. *Ann. Chem. Pharm.*, **35**, 111 (1840)
2. A.Cahours. *Ann. Chem. Pharm.*, **135**, 352 (1865)
3. H.A.Potratz, J.M.Rosen. *Anal. Chem.*, **21**, 1276 (1949)
4. A.J.Bowd, D.T.Burns, A.G.Fogg. *Talanta*, **16**, 719 (1969)
5. А.Б.Шейн, А.Н.Недугов. *Защита металлов*, **36**, 240 (2000)
6. А.Б.Шейн, В.И.Кичигин, А.Н.Недугов. *Защита металлов*, **36**, 490 (2000)
7. Y.Tang, S.Ye, Z.-Z.Huang, Y.-Z.Huang. *Heteroatom. Chem.*, **13**, 463 (2002)
8. Y.-Z.Huang, Y.Tang, Z.-L.Zhou. *Tetrahedron*, **54**, 1667 (1998)
9. И.Д.Садеков, А.А.Максименко, В.И.Минкин. *Химия теллуруорганических соединений*. Изд. РГУ, Ростов-на-Дону, 1983
10. K.J.Irgolic. *The Organic Chemistry of Tellurium*. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1974
11. M.R.Detty, M.B.O'Regan. *Tellurium-containing Heterocycles*. Wiley, New York, 1994
12. M.Wieber, R.Habersack. *Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem.*, **106**, 233 (1995)
13. K.Saruhashi, M.Minoura, K.Akiba. In *The 7th International Conference on the Chemistry of Selenium and Tellurium. (Abstracts of Papers)*. Vaalsbroek Castle near Aachen, 1997. P. 130
14. D.Naumann, M.Wilkes. *J. Fluorine Chem.*, **27**, 115 (1987)
15. M.Asahara, M.Tanaka, T.Erabi, M.Wada. *J. Chem. Soc., Dalton Trans.*, 3493 (2000)
16. B.L.Khandelwal, K.Kumar, K.Raina. *Synt. React. Inorg. Met.-Org. Chem.*, **11**, 65 (1981)
17. Y.Matano, H.Suzuki, N.Azuma. *Organometallics*, **15**, 3760 (1996)
18. Y.Matano, S.A.Begum, T.Miyamatsu, H.Suzuki. *Organometallics*, **17**, 4332 (1998)
19. M.Ochiai, T.Sueda, R.Noda, M.Shiro. *J. Org. Chem.*, **64**, 8563 (1999)
20. M.Ochiai, T.Nagaoka, T.Sueda, J.Yan, D.W.Chen, K.Miyamoto. *Org. Biomol. Chem.*, **1**, 1517 (2004)
21. M.M.Godman, F.F.Knapp Jr. *Organometallics*, **2**, 1106 (1983)
22. A.Osuka, Y.Moru, H.Shimizu, H.Suzuki. *Tetrahedron Lett.*, **24**, 2599 (1983)
23. A.Osuka, H.Suzuki. *Tetrahedron Lett.*, **24**, 5109 (1983)
24. R.K.Chadha, J.E.Drake, M.A.Khan. *J. Organomet. Chem.*, **260**, 73 (1984)
25. R.K.Chadha, J.E.Drake. *J. Organomet. Chem.*, **299**, 331 (1986)
26. N.Kuhn, P.Faupel, E.Zauder. *J. Organomet. Chem.*, **302**, C4 (1986)

27. X.Huang, L.Xie, H.Wu. *Tetrahedron Lett.*, **28**, 801 (1987)
28. M.J.Collins, J.A.Ripmeester, J.F.Sawyer. *J. Am. Chem. Soc.*, **110**, 8583 (1988)
29. X.Huang, L.Xie, H.Wu. *J. Org. Chem.*, **53**, 4862 (1988)
30. A.Osuka, Y.Hanasaki, H.Suzuki. *Nippon Kagaku Kaishi*, 1505 (1987); *Chem. Abstr.*, **108**, 131223 (1988)
31. Y.-Z.Huang, L.-L.Shi, S.-W.Li, X.-Q.Wen. *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1*, 2397 (1989)
32. A.Z.Al-Rubaie, A.A.Al-Najar, F.A.Jassim. *Inorg. Chim. Acta*, **175**, 181 (1990)
33. Z.-L.Zhou, L.-L.Shi, Y.-Z.Huang. *Tetrahedron Lett.*, **31**, 7657 (1990)
34. Z.-L.Zhou, Y.-S.Sun, L.-L.Shi, Y.-Z.Huang. *J. Chem. Soc., Chem. Commun.*, 1439 (1990)
35. S.-W.Li, Z.-L.Zhou, Y.-Z.Huang, L.-L.Shi. *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1*, 1099 (1991)
36. Z.-L.Zhou, L.-L.Shi, Y.-Z.Huang. *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1*, 1931 (1991)
37. Z.-L.Zhou, L.-L.Shi, Y.-Z.Huang. *Synth. Commun.*, **21**, 1027 (1991)
38. Z.-L.Zhou, Y.-Z.Huang, L.-L.Shi. *J. Chem. Soc., Chem. Commun.*, 986 (1992)
39. Z.-L.Zhou, Y.-Z.Huang, L.-L.Shi, J.Hu. *J. Org. Chem.*, **57**, 6598 (1992)
40. Z.-L.Zhou, Y.-Z.Huang, L.-L.Shi. *Tetrahedron Lett.*, **33**, 5827 (1992)
41. Y.-Z.Huang, Y.Tang, Z.-L.Zhou, J.-L.Huang. *J. Chem. Soc., Chem. Commun.*, 7 (1993)
42. Q.Zhong, J.Shao, C.Liu. *Synth. Commun.*, **22**, 489 (1992)
43. C.Xu, S.Lu, X.Huang. *Synth. Commun.*, **23**, 2527 (1993)
44. S.E.Harris, L.A.Silks 3rd, R.B.Dunlap, J.D.Odom, J.W.Kosh. *J. Chromatogr. A*, **657**, 395 (1993)
45. Y.-Z.Huang, Y.Tang, Z.-L.Zhou, W.Xia, L.-P.Shi. *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1*, 893 (1994)
46. Z.-L.Zhou, Y.-Z.Huang, Y.Tang, Z.-H.Chen, L.-P.Shi, X.-L.Jin, Q.-C.Yang. *Organometallics*, **13**, 1575 (1994)
47. J.Zhang, T.Koizumi. *Tetrahedron: Asymmetry*, **11**, 3323 (2000)
48. Z.-Z.Huang, S.Ye, W.Xia, Y.-H.Yu, Y.Tang. *J. Org. Chem.*, **67**, 3096 (2002)
49. J.M.Talbot, J.L.Piette, M.Renson. *Bull. Soc. Chim. Belg.*, **89**, 763 (1980)
50. L.Christiaens, A.Luxen, M.Evers, P.Thibaut, M.Mbuyi, A.Welter. *Chem. Scr.*, **24**, 178 (1984)
51. Г.М.Абакаров, Ш.С.Гасанов, А.А.Максименко, М.-З.В.Вагабов, И.Д.Садеков. *Журн. общ. химии*, **62**, 1854 (1992)
52. А.Н.Недугов, Н.Н.Павлова, А.В.Шалимов. *Журн. орг. химии*, **29**, 81 (1993)
53. I.D.Sadekov, A.A.Maksimenko, G.M.Abakarov, S.G.Gasanov, V.A.Pantin, V.I.Minkin. *Mendeleev Commun.*, 53 (1993)
54. T.Shimizu, T.Urakubo, N.Kamigata. *J. Org. Chem.*, **61**, 8032 (1996)
55. T.Shimizu, T.Urakubo, N.Kamigata. *Chem. Lett.*, 297 (1996)
56. T.Shimizu, T.Urakubo, P.Jin, M.Kondo, S.Kitagawa, N.Kamigata. *J. Organomet. Chem.*, **539**, 171 (1997)
57. N.J.Hill, W.Levason, G.Reid, A.J.Ward. *J. Organomet. Chem.*, **642**, 186 (2002)
58. N.S.Dance, W.R.McWhinnie, J.Mallaki, Z.Monsef-Mirzai. *J. Organomet. Chem.*, **198**, 131 (1980)
59. A.K.Singh, V.Srivastava, B.L.Khandelwal. *Polyhedron*, **9**, 495 (1990)
60. M.Wada, S.Nobuki, Y.Tenkyuu, S.Natsume, M.Asahara, T.Erabi. *J. Organomet. Chem.*, **580**, 282 (1999)
61. M.Takaku, Y.Hayashi, H.Nozaaki. *Tetrahedron*, **26**, 1263 (1970)
62. W.-W.du Mont, P.Bayet, A.Krief. *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.*, **13**, 274 (1974)
63. Н.К.Гусарова, Б.А.Трофимов, А.А.Татарина, В.А.Потапов, Л.М.Синеговская, С.В.Амосова, М.Г.Воронков. *Журн. орг. химии*, **24**, 1869 (1988)
64. В.А.Трофимов, Н.К.Гусарова, А.А.Татарина, В.А.Потапов, В.М.Синеговская, С.В.Амосова, М.Г.Воронков. *Tetrahedron*, **44**, 6739 (1988)
65. D.B.Werz, R.Gleiter, F.Rominger. *J. Organomet. Chem.*, **689**, 627 (2004)
66. K.Laali, H.Y.Chen, R.J.Gerzina. *J. Org. Chem.*, **52**, 4126 (1987)
67. K.Laali, H.Y.Chen, R.J.Gerzina. *J. Organomet. Chem.*, **348**, 199 (1988)
68. T.Umemoto, S.Ishihara. *Tetrahedron Lett.*, **31**, 3579 (1990)
69. T.Umemoto, S.Ishihara. *J. Am. Chem. Soc.*, **115**, 2156 (1993)
70. T.Kemmit, W.Levason. *Organometallics*, **8**, 1303 (1989)
71. A.J.Barton, W.Levason, G.Reid, A.J.Ward. *Organometallics*, **20**, 3644 (2001)
72. V.I.Minkin, I.D.Sadekov, A.A.Maksimenko, O.E.Kompan, Yu.T.Struchkov. *J. Organomet. Chem.*, **402**, 331 (1991)
73. И.Д.Садеков, А.А.Максименко, А.Г.Маслаков, О.Е.Компан, Ю.Т.Стручков, В.И.Минкин. *Металлоорг. химия*, **2**, 1260 (1989)
74. J.Zhang, S.Saito, T.Koizumi. *Tetrahedron: Asymmetry*, **8**, 3357 (1997)
75. J.Zhang, S.Saito, T.Koizumi. *J. Org. Chem.*, **63**, 5423 (1998)
76. S.Saito, J.Zhang, K.Tanida, S.Takahashi, T.Koizumi. *Tetrahedron*, **55**, 2545 (1999)
77. V.A.Potapov, S.V.Amosova, A.V.Khangurov, P.A.Petrov. *Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem.*, **79**, 273 (1993)
78. В.А.Потапов, С.В.Амосова, А.В.Хангуров. *Металлоорг. химия*, **4**, 948 (1991)
79. W.F.Liaw, S.J.Chiou, W.Z.Lee, G.H.Lee, S.M.Peng. *J. Chin. Chem. Soc. (Taipei)*, **43**, 29 (1996)
80. J.Jeske, W.-W.du Mont, P.G.Jones. *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.*, **36**, 2219 (1997)
81. J.Jeske, W.-W.du Mont, F.Ruthe, P.G.Jones, L.M.Mercuri, P.Deplano. *Eur. J. Inorg. Chem.*, 1591 (2000)
82. D.Naumann, W.Tyrra, R.Herrmann, I.Pantenburg, M.S.Wickleder. *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **628**, 833 (2002)
83. S.Sato, N.Kondo, E.Horn, N.Furukawa. *Organometallics*, **17**, 1897 (1998)
84. S.Sato, N.Kondo, N.Furukawa. *Organometallics*, **13**, 3393 (1994)
85. S.Sato, N.Kondo, N.Furukawa. *Organometallics*, **14**, 5393 (1995)
86. M.Minoura, T.Mukuda, T.Sagami, K.Akiba. *J. Am. Chem. Soc.*, **121**, 10852 (1999)
87. A.Asthana, R.C.Srivastava. *J. Organomet. Chem.*, **366**, 281 (1989)
88. T.N.Srivastava, R.C.Srivastava, M.Singh. *Inorg. Chim. Acta*, **33**, L99 (1979)
89. M.R.Detty. *J. Org. Chem.*, **45**, 274 (1980)
90. И.Д.Садеков, А.А.Максименко, Б.Б.Ривкин, В.И.Минкин. *Журн. общ. химии*, **59**, 2015 (1989)
91. K.Ariyoshi, Y.Aso, T.Otsubo, F.Ogura. *Chem. Lett.*, 891 (1984)
92. А.А.Максименко, И.Д.Садеков. *Журн. орг. химии*, **38**, 1871 (2002)
93. R.Pearson. *J. Am. Chem. Soc.*, **85**, 3533 (1963)
94. W.R.McWhinnie, J.Mallaki. *Polyhedron*, **1**, 13 (1982)
95. M.Wieber, S.Rohse. *Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem.*, **55**, 79 (1991)
96. K.K.Verma, A.Saini, O.P.Agrawal. *Synth. React. Inorg. Metal.-Org. Chem.*, **20**, 559 (1990)
97. M.Wieber, E.Schmidt. *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **556**, 194 (1988)
98. H.Preut, J.Fischer, D.Naumann. *Acta Crystallogr., Sect. C*, **44**, 581 (1988)
99. L.-L.Shi, Z.-L.Zhou, Y.-Z.Huang. *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1*, 2847 (1990)
100. L.-L.Shi, Z.-L.Zhou, Y.-Z.Huang. *Tetrahedron Lett.*, **31**, 4173 (1990)
101. G.-X.Fu, Z.-L.Zhou, L.Yu, Y.-Z.Huang. *Org. Mass Spectrom.*, **27**, 695 (1992)
102. T.N.Srivastava, V.K.Srivastava, R.C.Srivastava. *Polyhedron*, **4**, 1223 (1985)
103. M.Asahara, T.Morikawa, S.Nobuki, T.Erabi, M.Wada. *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 2*, 1899 (2001)
104. T.M.Klapotke, B.Krumm, P.Mayer, H.Piotrowski, I.Schwab, M.Vogt. *Eur. J. Inorg. Chem.*, 2701 (2002)
105. D.D.Titus, J.S.Lee, R.F.Ziolo. *J. Organomet. Chem.*, **120**, 381 (1976)
106. R.Oilunkaniemi, J.Pietikainen, R.S.Laitinen, M.Ahlgren. *J. Organomet. Chem.*, **640**, 50 (2001)

107. J. Kopf, G. Vetter, G. Klar. *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **409**, 285 (1974)
108. B. L. Khandelwal, A. K. Singh, H. B. Singh, K. M. Prasad, N. S. Bhandari. *J. Organomet. Chem.*, **291**, 185 (1985)
109. K. M. Prasad, N. R. Rao, M. C. Ganorkar, C. M. Chary. *J. Organomet. Chem.*, **376**, 53 (1989)
110. M. Wieber, E. Schmidt. *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **556**, 189 (1988)
111. M. Wieber, S. Rohse. *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **592**, 202 (1991)
112. M. Wieber, S. Lang, N. Graf. *Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem.*, **85**, 31 (1993)
113. J. Jeske, W.-W. du Mont, P. G. Jones. *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.*, **35**, 2653 (1996)
114. A. K. Singh, J. K. Basumatary. *J. Organomet. Chem.*, **364**, 73 (1989)
115. A. K. Singh, J. K. Basumatary, T. P. Singh, B. Padmanabhan. *J. Organomet. Chem.*, **424**, 33 (1992)
116. V. K. Srivastava, J. K. Basumatary, A. K. Singh, T. P. Singh, A. K. Saxena. *Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem.*, **85**, 175 (1993)
117. M. Wieber, E. Schmidt. *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **556**, 199 (1988)
118. A. K. Singh, V. K. Srivastava, J. K. Basumatary, T. P. Singh, A. K. Saxena. *Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem.*, **89**, 31 (1994)
119. J. E. Drake, M. L. Y. Wong. *J. Organomet. Chem.*, **377**, 43 (1989)
120. M. Wieber, S. Rohse. *Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem.*, **55**, 94 (1991)
121. A. Silvestru, I. Haiduc, R. A. Toscano, H. J. Breuning. *Polyhedron*, **14**, 2047 (1995)
122. M. Wieber, S. Rohse. *Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem.*, **55**, 85 (1991)
123. J. E. Drake, A. Silvestru, J. Yang, I. Haiduc. *Inorg. Chim. Acta*, **271**, 75 (1998)
124. N. Kamigata, T. Urakubo, T. Shimizu. *Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem.*, **136**, 493 (1998)
125. A. S. Secco, K. Alam, B. J. Blackburn, A. F. Janzen. *Inorg. Chem.*, **25**, 2125 (1986)
126. A. F. Janzen, J. Meehae. *Can. J. Chem.*, **67**, 71 (1989)
127. B. L. Khandelwal, S. K. Jain, F. J. Berry. *Inorg. Chim. Acta*, **59**, 193 (1982)
128. M. N. Ponnuswamy, J. Trotter. *Acta Crystallogr., Sect. C*, **40**, 1671 (1984)
129. N. Al-Salim, A. A. West, W. R. McWhinnie. *J. Chem. Soc., Dalton Trans.*, 2363 (1988)
130. T. S. Lobana, S. A. Mbogo, W. R. McWhinnie, W. C. Patalinghug, A. H. White. *J. Organomet. Chem.*, **390**, 29 (1990)
131. H. B. Singh, N. Sudha, A. A. West, T. A. Hamor. *J. Chem. Soc., Dalton Trans.*, 907 (1990)
132. A. A. Максименко, А. В. Захаров, И. Д. Садеков. *Успехи химии*, **69**, 940 (2000)
133. A. Bondi. *J. Phys. Chem.*, **68**, 441 (1964)
134. A. K. Singh, V. Singh, B. L. Khandelwal. *Heteroat. Chem.*, **3**, 139 (1992)
135. Д. С. Юфит, Ю. Т. Стручков, Л. Ю. Ухин, З. С. Морковник, А. А. Максименко, И. Д. Садеков, М. М. Левкович, С. И. Тестоедова, В. Д. Стеблецова. *Коорд. химия*, **13**, 1702 (1987)
136. K. Li, Z.-Z. Huang, Y. Tang. *Tetrahedron Lett.*, **44**, 4137 (2003)
137. Y. Tang, Y.-Z. Huang, L.-X. Dai, Z.-F. Chi, L.-P. Shi. *J. Org. Chem.*, **61**, 5762 (1996)
138. S. Ye, L. Yuan, Z.-Z. Huang, Y. Tang, L.-X. Dai. *J. Org. Chem.*, **65**, 6257 (2000)
139. S. Ye, Y. Tang, L.-X. Dai. *J. Org. Chem.*, **66**, 5717 (2001)
140. Y. Tang, Z.-F. Chi, Y.-Z. Huang, L.-X. Dai, Y.-H. Hu. *Tetrahedron*, **52**, 8747 (1996)
141. Y. Tang, Y.-Z. Huang, L.-X. Dai, J. Sun, W. Xia. *J. Org. Chem.*, **62**, 954 (1997)
142. A.-H. Li, L.-X. Dai, X.-L. Hou, M.-B. Chen. *J. Org. Chem.*, **61**, 4641 (1996)
143. A.-H. Li, Y.-G. Zhou, L.-X. Dai, X.-L. Hou, L.-J. Xia, L. Lin. *J. Org. Chem.*, **63**, 4338 (1998)
144. D.-K. Wang, L.-X. Dai, X.-L. Hou. *Chem. Commun.*, 1231 (1997)
145. W.-W. Liao, X.-M. Deng, Y. Tang. *Chem. Commun.*, 1516 (2004)
146. Z.-Z. Huang. *Synth. Commun.*, **20**, 2579 (1990)
147. Z.-Z. Huang, S. Ye, W. Xia, Y. Tang. *Chem. Commun.*, 1384 (2001)
148. W.-H. Huang, Y.-Z. Huang, L.-X. Dai. *Tetrahedron Lett.*, **39**, 6953 (1998)
149. M. Ochiai, Y. Kitagawa, M. Toyonari, K. Uemura. *Tetrahedron Lett.*, **35**, 9407 (1994)
150. Y. Matano, N. Azuma, H. Suzuki. *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1*, 1739 (1994)
151. T. Umamoto, S. Ishihara, K. Adachi. *J. Fluorine Chem.*, **74**, 77 (1995)
152. K. Fukui, K. Ohkubo, T. Yamabe. *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **42**, 312 (1969)
153. S. M. Narhi, R. Oilunkaniemi, R. S. Laitinen, M. Ahlgren. *Acta Crystallogr., Sect. E*, **60**, 798 (2004)
154. R. K. Chadha. *Inorg. Chem.*, **27**, 1507 (1988)
155. R. F. Ziolo, M. Extine. *Inorg. Chem.*, **19**, 2694 (1980)
156. T. M. Klapotke, B. Krumm, P. Mayer, K. Polborn, O. P. Ruscitti. *J. Fluorine Chem.*, **112**, 207 (2001)
157. B. H. Christian, M. J. Collins, R. J. Gillespie, J. F. Sawyer. *Inorg. Chem.*, **25**, 777 (1986)
158. И. Д. Садеков, Л. Е. Рыбалкина, Д. Я. Мовшович, С. Б. Булгаревич, В. А. Коган. *Успехи химии*, **60**, 1229 (1991)
159. W. R. McWhinnie, I. D. Sadekov, V. I. Minkin. *Sulfur Rep.*, **18**, 295 (1996)
160. N. Sudha, H. B. Singh. *Coord. Chem. Rev.*, **135–136**, 469 (1994)
161. M. Kobayashi, K. Koyabu, T. Shimizu, K. Umemura, H. Matsuyama. *Chem. Lett.*, 2117 (1986)
162. I. D. Sadekov, A. V. Zakharov, A. A. Maksimenko. *Sulfur Rep.*, **23**, 125 (2002)
163. N. W. Alcock, W. D. Harrison, C. Howes. *J. Chem. Soc., Dalton Trans.*, 1709 (1984)

SYNTHESIS, REACTIONS AND STRUCTURE OF TELLURONIUM SALTS

A. V. Zakharov, I. D. Sadekov, V. I. Minkin

Institute of Physical and Organic Chemistry, Rostov State University

194/2, Prosp. Stachki, 344090 Rostov-on-Don, Russian Federation, Fax +7(8632)43–4667

Data on the synthesis, structure and properties of triorganyltelluronium salts are generalised and described systematically. The attention is focused on the use of these compounds in preparative organic synthesis.

Bibliography — 163 references.

Received 28th February 2005