

УСПЕХИ ХИМИИ

Т. LVII

1988

Вып. 2

УДК 547.269 + 547.311

СЕЛЕНОНИЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СИНТЕЗЕ

Магдесиева Н. Н.

В обзоре систематизированы и обобщены результаты исследований химии селенониевых соединений (солей, илидов, илид-солей, дилидов, имидов). Рассмотрены методы синтеза селенониевых соединений, их строение, поведение в реакциях с электрофильными и нуклеофильными реагентами, а также превращения в условиях термолиза и перегруппировки.

Библиография — 95 ссылок.

ОГЛАВЛЕНИЕ

I. Введение	281
II. Селенониевые соли	281
III. Неустабилизированные и моностабилизированные илиды селена	286
IV. Дистабилизированные илиды селена	291
V. бис-Ониевые соединения селена	297
VI. Селениимида	302

I. ВВЕДЕНИЕ

Селенониевые соединения содержат фрагмент с трехкоординированным положительно заряженным атомом селена; к ним относятся: селеноксиды, селениимида, селенониевые соли, илиды селена, а также *бис*-ониевые соединения (илид-соли и дилиды), содержащие наряду с селенониевым ониевыми фрагментами других гетероатомов (азота, фосфора, мышьяка, серы).

В настоящий обзор не включены данные по химии селеноксидов, поскольку реакционная способность последних подробно освещена в ряде обзоров последних лет [1—3].

Резко возросший в последние годы интерес к химии селенониевых соединений (солей, илидов и илид-солей) обусловлен их легкой доступностью и высокой реакционной способностью, как правило, значительно превосходящей активность соответствующих сульфониевых соединений и, в ряде случаев, не имеющей аналогий в химии ониевых соединений элементов V и VI групп периодической системы. Внимание химиков к этим соединениям связано не только с их значением для теоретической органической химии, но и с реальной возможностью их практического использования как удобных активных синтонов тонкого органического синтеза, большинство реакций с участием которых протекает стереонаправленно и региоселективно.

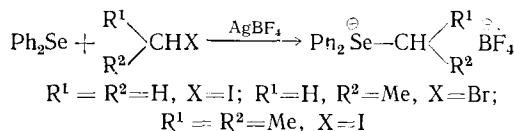
В настоящем обзоре систематизированы и обобщены результаты исследований по разработке методов синтеза, изучению строения, физико-химических свойств и реакционной способности селенониевых соединений (солей, илидов, илид-солей, дилидов, а также селениимидов) за последние 15 лет. До 1972 г. химия этих соединений практически не исследовалась, были отдельные работы по синтезу селенониевых солей, обзор которых дан в монографии [4].

Проведено, где это возможно, сравнение реакционной способности селенониевых систем с аналогично построенным соединениями серы.

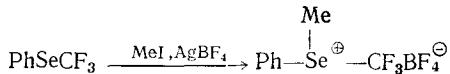
II. СЕЛЕНОНИЕВЫЕ СОЛИ

Первым и самым общим методом получения селенониевых солей является алкилирование селенидов алкилгалогенидами, α -бромкислотами и их эфирами, α -бромкетонами.

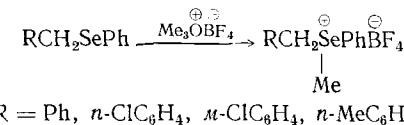
Тетрафторбораты алкилдифенилселенониевых солей получены алкилированием дифенилселенида алкилгалогенидами в присутствии стехиометрического количества тетрафторбората серебра [5]:



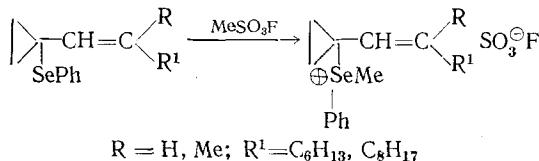
Описано алкилирование селенида, содержащего трифторметильную группу [6]:



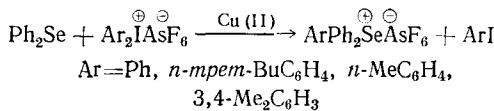
Удобный метод синтеза селенониевых солей, содержащих бензильную группу,— метилирование селенидов триметилоксонийборфоридом, а также метилфторсульфонатом [7], например:



Непредельные селениды гладко алкилируются метилфторсульфонатом [8]:



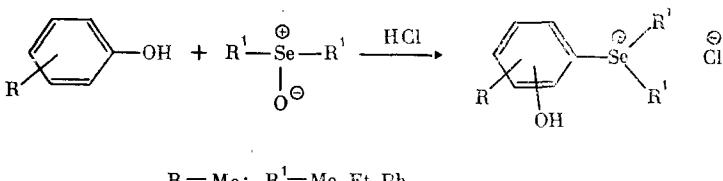
Диарилселениды арилируются иодониевыми солями в присутствии бензоата меди(II) [9]:



Диарилселениды легко реагируют с *трет*-бутилгипохлоритом [10]:

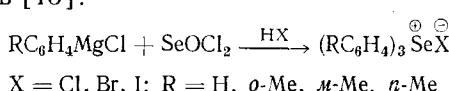


Известны способы получения селенониевых солей на основе органических производных селена (IV): селеноксидов, диорганоселеногалогенидов, галогенидов и оксигалогенидов селена. Разработан метод синтеза диалкил- или алкилфенилгидроксифенилселенонийхлоридов реакцией фенолов с селеноксидами и хлористым водородом [11]:

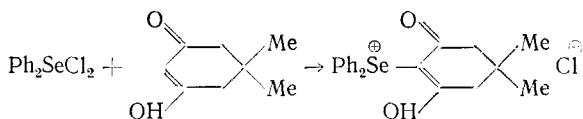


Хлорид три-*n*-толилселенония получен взаимодействием толуола с двуокисью селена в присутствии серной кислоты [12].

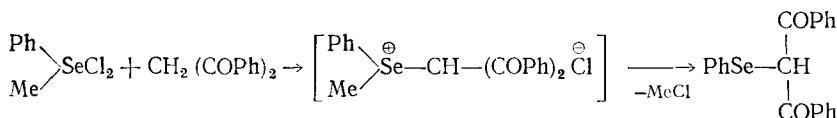
Триарилселенониевые соли синтезированы из оксихлорида селена и арилмагнийбромидов [13]:



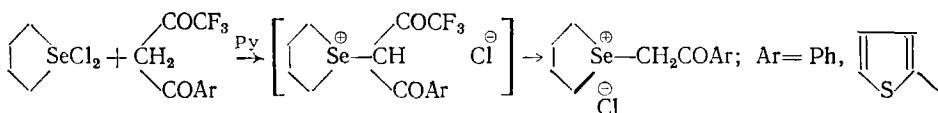
Описан синтез триарилселенониевых солей при взаимодействии диарилселендихлоридов с активированными аренами [20]. Дифенилсelen-дихлорид с димедоном образует селенониевую соль. Легкость протекания этой реакции обусловлена тем, что в фиксированной *транс*-енольной структуре димедона енольный протон может способствовать поляризации связи Se—Cl [14]:



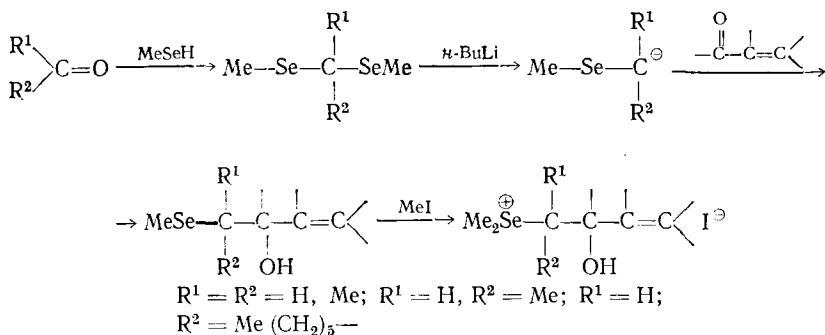
При взаимодействии метилфенилсelenдихлорида с дибензоилметаном происходит деметилирование промежуточно образующейся селено-ниевой соли [15]:



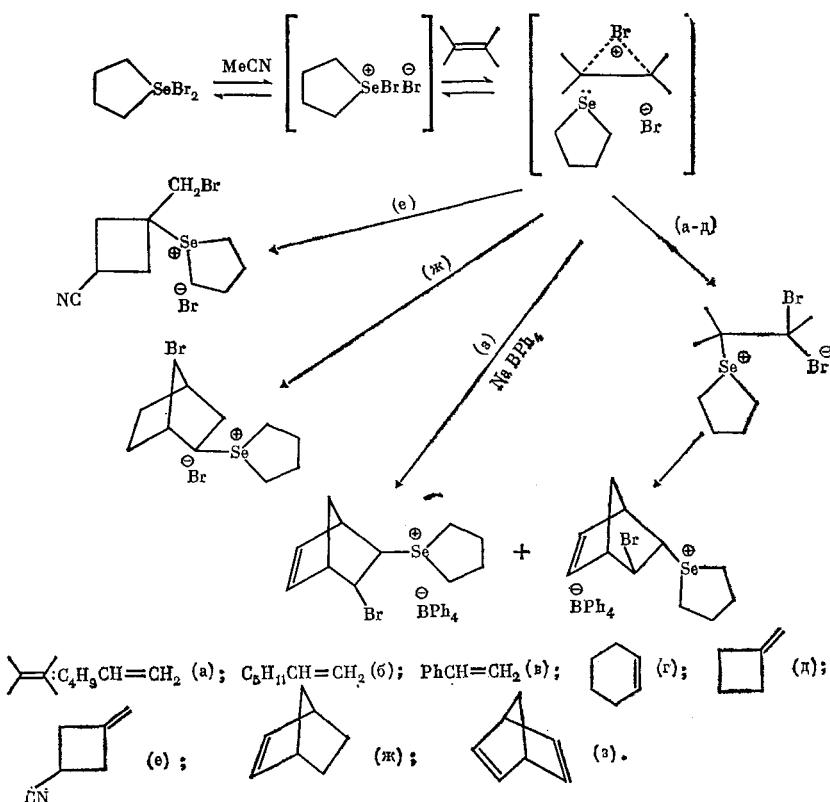
В случае β -дикетонов, содержащих трифторацетильную группу, расщепление промежуточно образующихся дикетоселенониевых солей нуклеофилом (Ру или Cl[−]) протекает иначе, что объясняется большим положительным зарядом на карбонильном атоме углерода CF₃-группы дикетоселенониевой соли [16]:



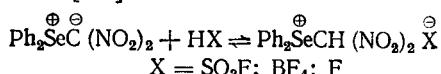
Описан синтез γ , δ -непредельных β -гидроксиселенониевых солей из карбонильных соединений и селенола по следующей схеме [17]:



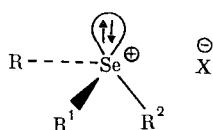
Недавно [18] разработан метод синтеза нового типа селенониевых соединений — β -бромселенониевые соли, основанный на взаимодействии тетраметиленсelenдибромида с олефинами различного строения (ациклическими, циклическими и каркасными). Электрофильное присоединение тетраметиленсelenдибромида к ациклическим и циклическим олефинам протекает *транс*-стереоспецифично с образованием бромидов 2-бромалкилтетраметиленсelenония наряду с дигромалканами. Присоединение тетраметиленсelenдибромида к норборнену сопровождается перегруппировкой в результате 7,2-гидридного сдвига, а к норборнадиену протекает с образованием смеси солей 3 : 1 2-эндо-бром-3-экзо-(тетраметиленсelenонио)- и 2-экзо-бром-3-эндо-(тетраметиленсelenонио) — норборненбромидов.



Динитрозамещенные селенониевые соли получены протонированием дифенилсelenонийдинитрометилида минеральными кислотами со слабо-нуклеофильным анионом [19]:

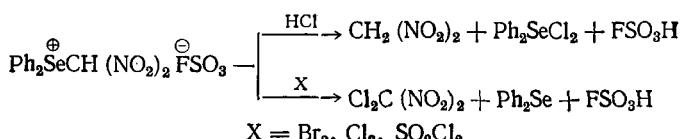


Атом селена в селенониевых соединениях находится в sp^3 -гибридном состоянии, поэтому селенониевая группа имеет пирамидальное строение:



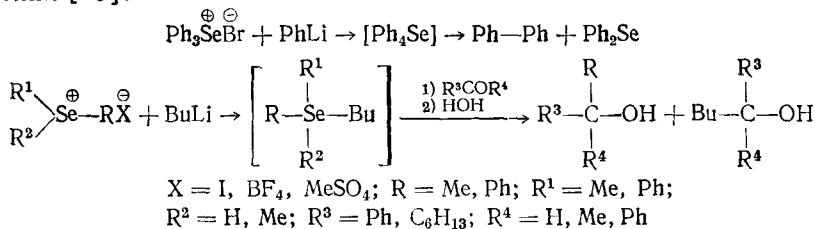
Получен ряд оптически активных селенониевых солей, стабильность которых указывает на высокий барьер инверсии у селенониевого хирального центра [21]. Данные рентгеноструктурного анализа [22], УФ- [23], ИК-спектров [24] и спектров ЯМР ^{77}Se [25], а также электропроводность водных растворов и способность легко обменивать анион [26] подтверждают ионное строение селенониевых солей. Тетрафенилбораты селенониевых солей растворимы в органических растворителях, что позволяет использовать их в гомогенных реакциях [27]. Селенониевые соли с двумя электроноакцепторными группами неустойчивы и легко разлагаются [28].

Дифенил(динитрометил)сelenониевые соли при действии электрофильных реагентов расщепляются по связи $\text{Se}-\text{CNO}_2$ [19]:



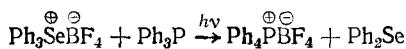
Наиболее характерны для селенониевых солей их реакции с нуклеофильными реагентами. При действии литийорганических соединений про-

межуточно образующиеся σ -сelenураны претерпевают дальнейшие превращения [29]:



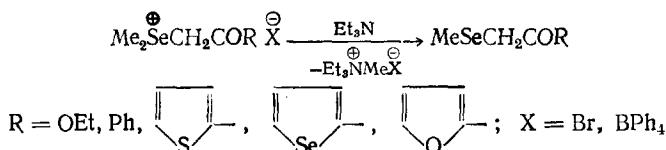
Последнюю реакцию можно использовать для синтеза третичных спиртов [29].

Описана фотохимическая реакция тетрафторбората трифенилсelenония с трифенилфосфином, протекающая по радикальному механизму [30]:

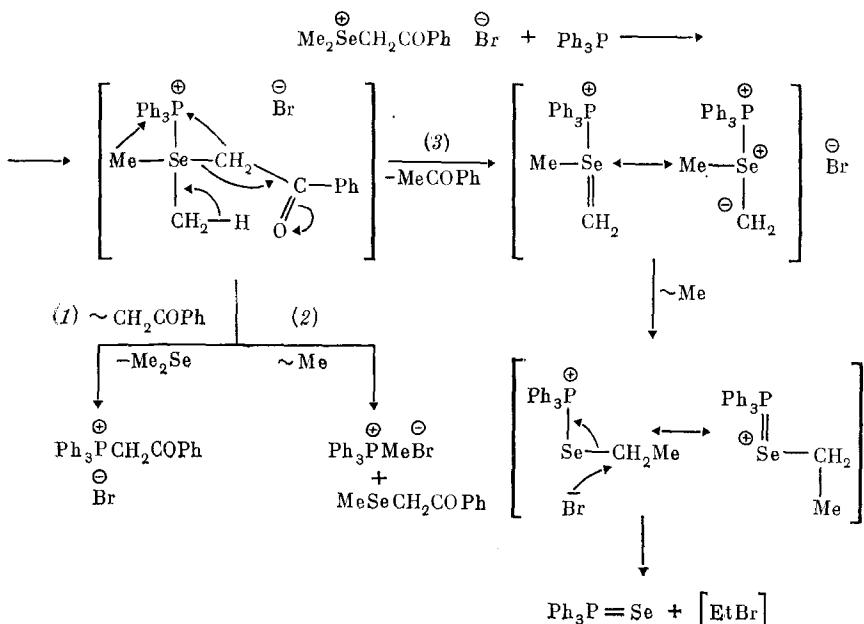


Гомолитический характер разрыва связи в исходной сelenониевой соли подтверждается тем, что реакция не идет в темноте и побочно образуется бензол [30].

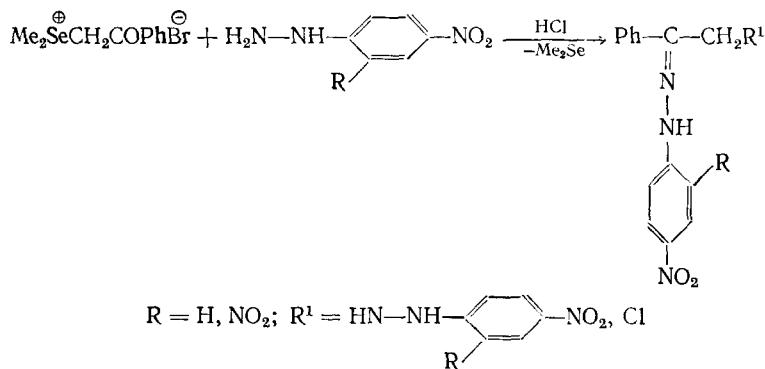
Изучено взаимодействие арацил- и карбоалкоксиметил(диметил)selenониевых солей с нуклеофильными реагентами: третичными аминами, замещенными гидразинами и трифенилфосфином. Деметилирование selenониевых солей триэтиламином, протекающее с образованием α -метил-selenокарбонильных соединений, является удобным методом их синтеза [27]:



Реакция бромида диметилфенацилсelenония с трифенилфосфином протекает, по-видимому, через первичную атаку нуклеофила по атому селена с последующей миграцией фенацильной или метильной группы от селена к фосфору (направления 1 и 2), и элиминированием ацетофенона из σ -selenуранового интермедиата (направление 3) [27]:

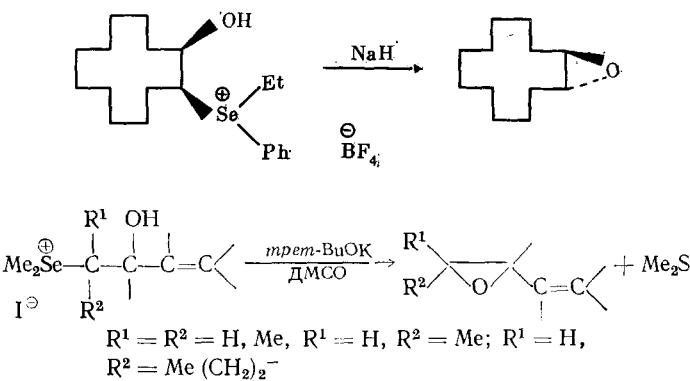


Взаимодействие диметилфенацилселенонийбромида с замещенными гидразинами сопровождается элиминированием диметилселенида [27]:



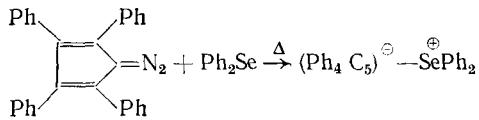
Большое значение имеют реакции сelenониевых солей с основаниями; эти реакции являются основой общего препаративного метода синтеза нестабилизированных илидов селена, а также моностабилизированных илидов, содержащих одну электроноакцепторную группу у илидного атома углерода.

При действии оснований на β -гидроксизамещенные сelenониевые соли протекает стереоспецифическая реакция внутримолекулярного нуклеофильного замещения сelenониевой группы с образованием эпоксидов [33], в том числе α, β -непредельных [17]:

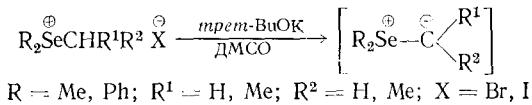


III. НЕСТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ И МОНОСТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ ИЛИДЫ СЕЛЕНА

Общим препаративным методом синтеза моностабилизированных илидов селена является взаимодействие их сопряженных кислот с основаниями [31, 32], либо разложение диазосоединений в присутствии селенидов [33, 34], протекающее через образование карбена [35]:

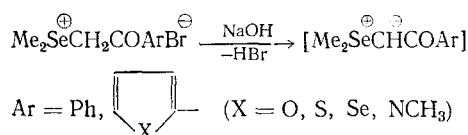


Для генерирования *in situ* нестабилизированных метилидов селена из их солей обычно применяют *трет*-бутилат калия [6]:

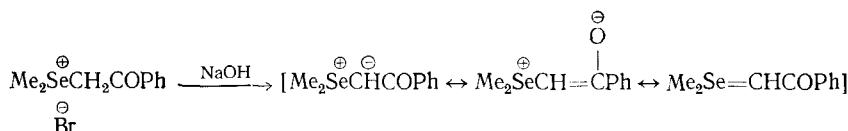


Монокарбонилстабилизированные илиды селена получаются *in situ*

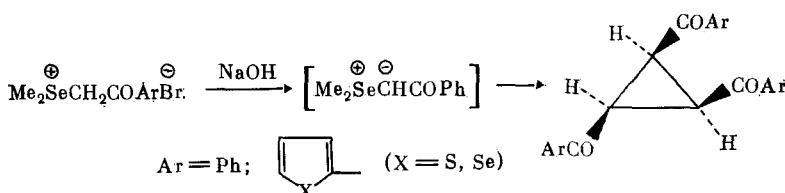
при действии водной или спиртовой щелочи на соответствующие селенониевые соли [31, 32]:



Был выделен лишь один монокетоилид селена — диметилселеноний-бензоилметилен, весьма лабильное кристаллическое соединение, ИК-спектр которого указывает на участие карбонильной группы в делокализации заряда ильдного карбаниона [31]:

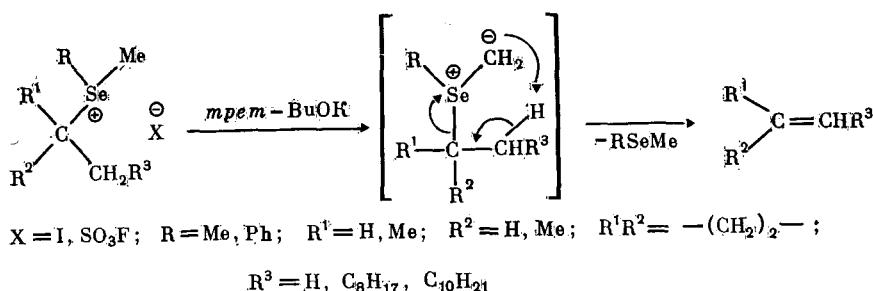


На свету или при слабом нагревании диметилселенонийбензоилмети-
лид распадается по карбеноидному механизму с образованием *транс*-
трибензоилциклогептана [31]. Эта реакция является удобным методом
синтеза гетероароилциклогептанов [36]:



Нестабилизированные илиды селена обычно не образуют продуктов карбеноидного распада. Однако при действии амида натрия на бензилсelenониевые соли были выделены небольшие количества *транс*-стильбена, который формально является продуктом димеризации фенилкарбена [37].

Реакция внутримолекулярного расщепления нестабилизированных селенониевых илидов используется для синтеза различных, в том числе пространственно затрудненных, олефинов [8]:



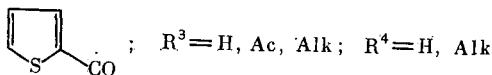
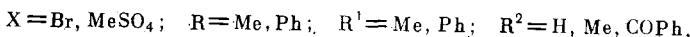
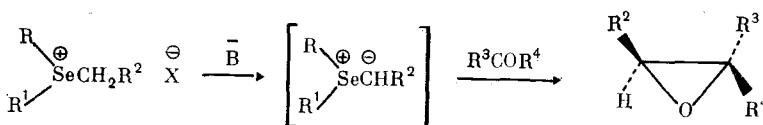
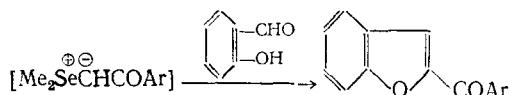
Как правило, нестабилизированные и моностабилизированные илиды селена не выделяют, а используют их *in situ*, генерируя из солей в присутствии субстратов, с которыми проводят реакцию.

Моностабилизованные илиды селена, являющиеся карбеноидными частицами, обладают повышенной нуклеофильностью по сравнению с их сернистыми аналогами и легко взаимодействуют с электрофильными реагентами. Наиболее удобным и результативным способом проведения реакций кетоселенопиевых илидов с электрофильными субстратами является использование двухфазной системы: хлороформ — вода с едким натром в качестве основания. Илид, генерируемый в водной фазе под

действием щелочи на селенониевую соль, сразу же экстрагируется хлороформом. Непрореагировавшая соль остается в водной фазе, что подавляет побочную реакцию илида с солью, приводящую к триарилцикло-пропану.

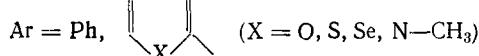
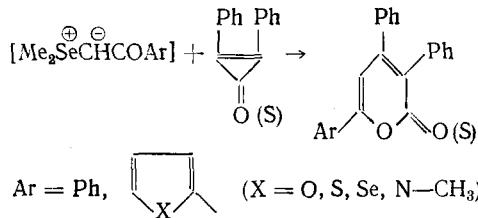
Известно [38], что реакции карбанионов с электрофильными реагентами в двухфазной системе проводят в присутствии катализатора межфазного переноса. В случае реакции илидов селена специального катализа, как правило, не требуется.

Селенониевые илиды, стабилизированные фенацильной [39] или циклопентадиенильной группой [34] реагируют с нитрозобензолом, образуя соответствующие нитроны. Реакции илидов селена с различными карбонильными соединениями приводят к оксиранам *транс*-конфигурации [40–42], а с салициловым альдегидом — к 2-ароилбензоуранам [41]:



Взаимодействие селенониевых илидов с активированными кратными связями начинается обычно как присоединение по Михаэлю, дальнейшие превращения образующихся бетаинов, как правило, включают элиминирование легко уходящей селенониевой группы в результате внутримолекулярного нуклеофильного замещения.

Разработан удобный препаративный метод синтеза тризамещенных α -пиронов и α -пирантионов путем [3+3]-диполярного циклоприсоединения монокетоилидов селена к дифенилциклопропенону или его тиоаналогу [32]:

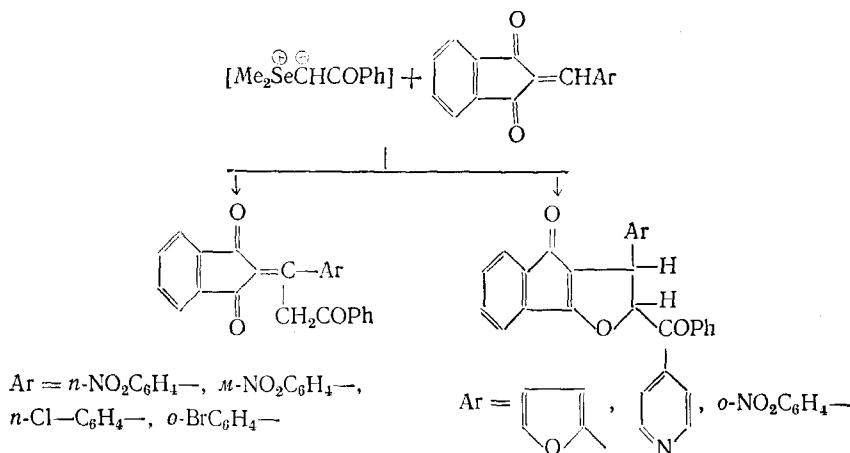


Реакции циклических дикетоилидов селена — диметилселенонийдимедон- и диметилселенонийиндан-1,3-дионилида с дифенилциклопропеноном могут быть использованы для синтеза конденсированных α - и γ -пиронов [43].

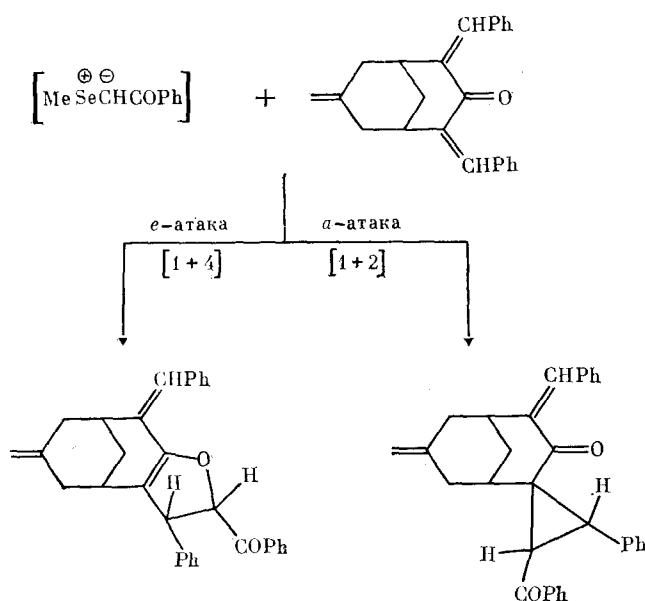
Взаимодействие монокетоилидов селена с активированными ацетиленами (диалкилацетилендикарбоксилатом или дibenзоилацетиленом) приводит к образованию соответствующих тризамещенных фuranов [44, 45].

В отличие от илидов серы реакции монокетоилида селена с *пара*-замещенными 2-бензилидениндан-1,3-дионами, имеющими сопряженную систему связей, начинаются с нуклеофильной атаки илидного атома углерода на активированную двойную связь. Образующийся при этом бе-

танин отщепляет диметилселенид и в зависимости от характера заместителя в бензилиденовой группе имеет место либо 1,2-гидридный сдвиг с образованием продукта присоединения по Михаэлю, либо замыкание цикла дигидрофурана. Реакция протекает стереоселективно и образуются только *цис*-изомеры дигидрофуранов [46]:

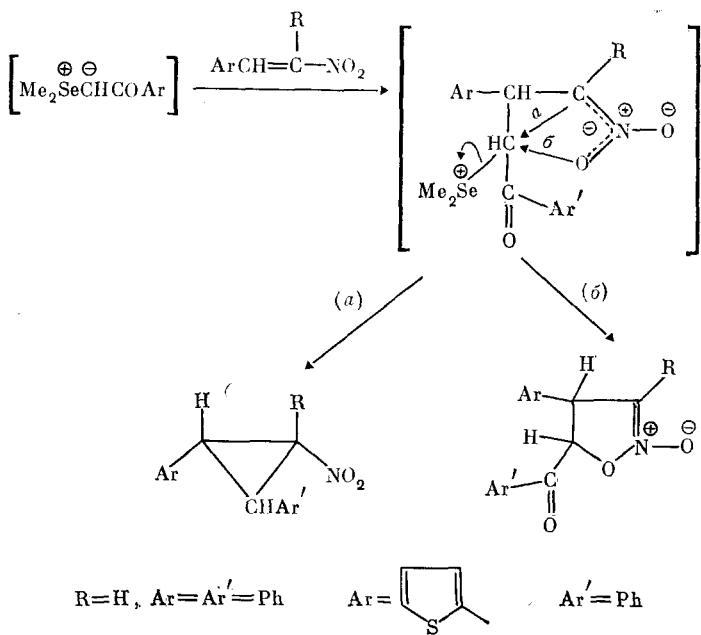


Исследована реакция монокетоиляда селена с дibenзилиденовыми производными ряда кетонов (ациклических, циклических и бициклических), для которых возможно как [1+2]-, так и [1+4]-циклоприсоединение. Установлено, что взаимодействие илида селена с дibenзилиденовыми производными ацетона, циклопентанона и циклогексанона протекает по типу [1+2]-циклоприсоединения к одной из двойных связей диенона с образованием двух изомерных циклопропилкетонов. В случае дibenзилиденового производного бицикло[3.3.1]октан-3-она тип реакции ([1+2]- или [1+4]-циклоприсоединение) определяется направлением атаки селенониевого илида (экваториальная или экваториальная). Атака илида с экваториальной стороны по отношению к данному циклогексановому кольцу приводит к замыканию дигидрофуранового цикла вследствие сближения кислорода карбонила и илидного углерода в переходном состоянии. Напротив, атака с аксиальной стороны приводит к удалению в переходном состоянии атомов кислорода и илидного углерода и предпочтительным становится замыкание трехчленного цикла. Реакция протекает стереоспецифично с образованием циклопропана *цис*-конфигурации и *цис*-изомера дигидрофурана [47]:

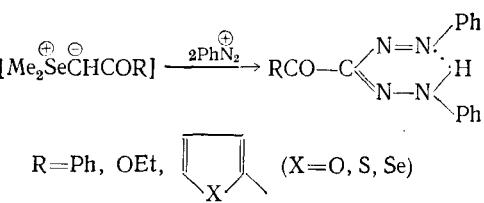


Во всех исследованных случаях реакция протекает только по одной бензилиденовой группе.

Удобной моделью для изучения реакций циклоприсоединения илидов селена к активированной кратной связи являются сопряженные нитроолефины, в которых также возможно как [1+2]-, так и [1+4]-цикло-присоединение с образованием замещенных циклопропанов или N-окисей изоксазолинов. Необходимым и достаточным условием протекания реакции по типу [1+4]-циклоприсоединения является наличие заместителя в α -положении к нитрогруппе в исходном нитроолефине. При этом природа заместителя (алкил-, арил-, гетарил-, галоген) не влияет на направление реакции. Эта реакция протекает стереоселективно и является удобным препаративным методом синтеза тризамещенных изоксазолин-N-оксидов транс-конфигурации [48]:



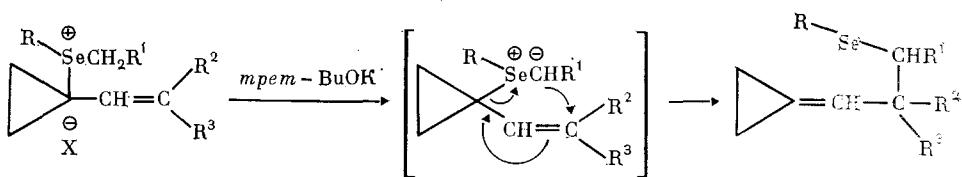
Из электрофилов, имеющих электрофильтральный центр на гетероатоме, подробно исследовано взаимодействие селенониевых ацилметилидов с хлористым бензолдиазонием [49]. В отличие от илидов фосфора, азота и серы эта реакция протекает с образованием 1,5-дифенил-3-кетоформазанов и является препаративным методом их синтеза:



Описана [2,3]-сигматропная перегруппировка бензилселенониевых илидов при действии на соответствующие соли амида натрия в жидким аммиаке [37]:

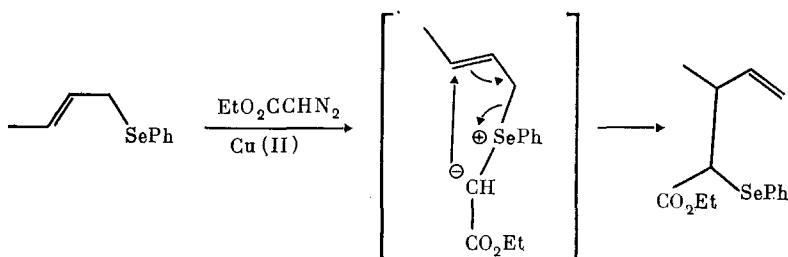


2,3-Сигматропная перегруппировка аллильных сelenониевых илидов используется для синтеза олефинов [9]:



$X = I, SO_3F; R = Me, Ph; R^1 = H, Me; R^2 = H, Me; R^3 = H, C_6H_{13}$

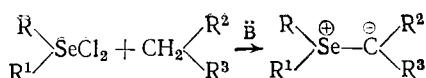
Аналогичная перегруппировка наблюдается при действии диазоуксусного эфира на аллилселид в присутствии сульфата меди(II) [33]:



Таким образом, нестабилизированные и моностабилизированные илиды селена являются удобными и весьма активными реагентами в синтезе различных классов органических соединений. Илидная связь $>\overset{\ominus}{C}=\overset{\oplus}{Se}<$ в них менее прочная, чем связь $>\overset{\ominus}{C}=\overset{\oplus}{S}<$ в сульфониевых илидах, R_2Se является более легко уходящей группой, чем R_2S . Все реакции с участием сelenониевых илидов протекают в мягких условиях. По своему поведению илиды селена более похожи на илиды азота, чем на илиды серы.

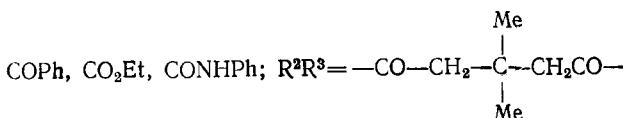
IV. ДИСТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ ИЛИДЫ СЕЛЕНА

Дистабилизированные илиды селена с хорошими выходами получаются при конденсации диорганоселендихлоридов с соединениями, содержащими активную метиленовую группу, в присутствии основания (этината натрия, гидроксида калия, пиридина, окси алюминия) [14, 50—53]:

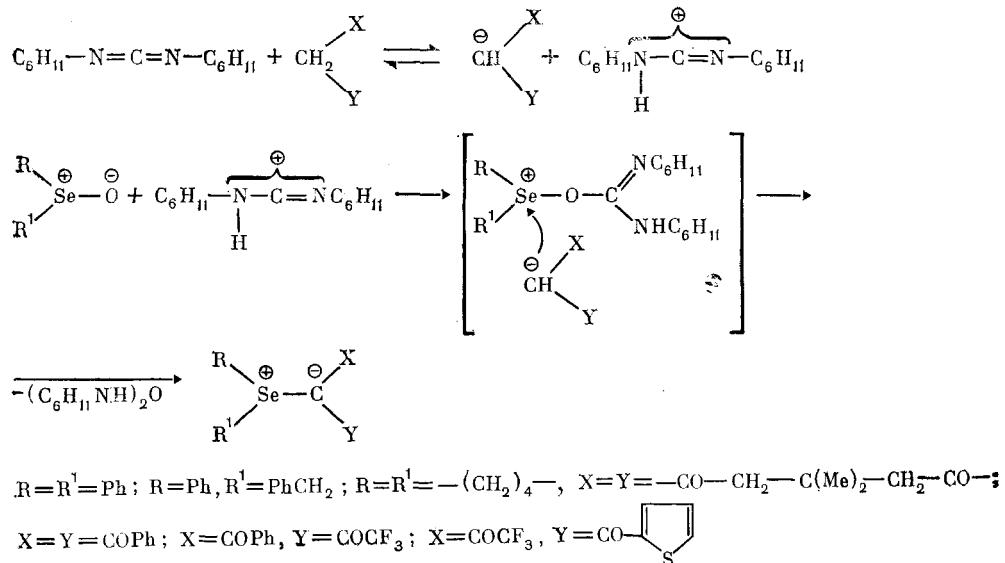


$\text{R} = Me, Ph, R^1 = Me, Ph, CH_2Ph, RR^1 = -(CH_2)_4-$;

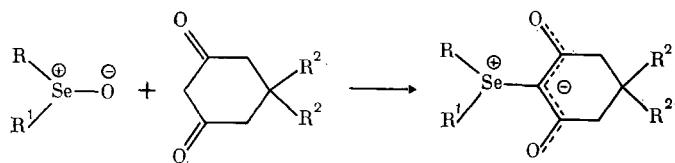
$R^2 = COMe, COPh, COCF_3, CN; R^3 = COMe,$



Общим удобным препаративным методом синтеза дистабилизированных илидов селена является конденсация сelenоксидов с соединениями, содержащими активную метиленовую группу, в присутствии дициклогексилкарбодимида [16, 51, 52, 54]:

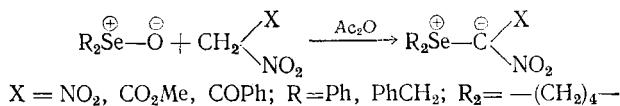


Осуществлен асимметрический синтез ряда оптически активных селенониевых дикетоилидов реакцией циклических β -дикетонов с селеноксидами в присутствии 10- α -камфорсульфоновой кислоты и безводного сульфата натрия [55]:

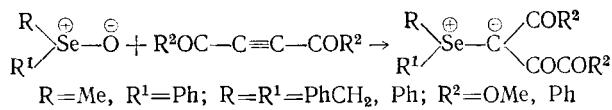


R=Ph , α -нафтил, δ - MeC_6H_4 ; $1,2,3-\text{Me}_3\text{C}_6\text{H}_2$; $\text{R}'=\text{Me}$, Ph ; $\text{R}^2=\text{H}$, Me

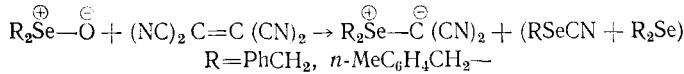
Этим методом получены селенониевые нитроилиды [19, 56]:



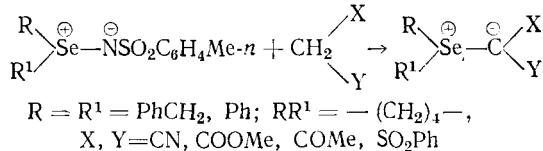
Известно также, что селеноксиды образуют илиды с диметилацитилендикарбоксилатом [57, 58], дибензоилацетиленом [59]:



Дицианометилиды селена получены в реакции селеноксидов с тетрацианэтиленом [57]:

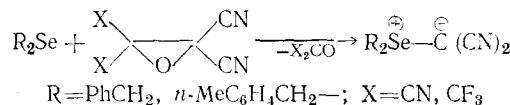


Разработан метод синтеза дистабилизированных селенониевых илидов из легко доступных селенимидов и активных метиленовых соединений [54]:

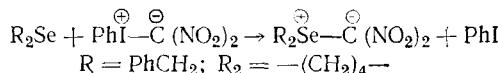


Скорость этой реакции зависит от стабильности образующихся илидов.

Селенониевые дицианометилиды были получены при взаимодействии селенидов с активированными оксиранами [57]:



Известен только один пример синтеза селенониевых илидов на основе илидов других элементов [56]:

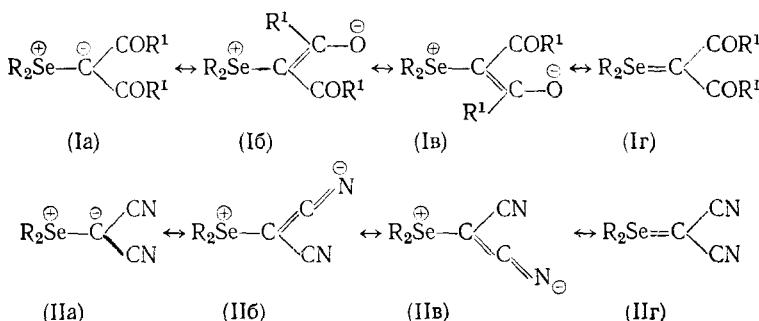


Выход илидов в этой реакции зависит от нуклеофильности взятого селенида.

Данные рентгеноструктурного анализа имеются только для двух дистабилизированных илидов селена: дифенилсelenонийдиацетилметилида [53] и тетраметиленсelenонийдимедонилида [60, 61]. Эти илиды имеют строение тригональной пирамиды, в вершине которой находится атом селена.

Анализ длин связей между атомами селена и илидного углерода, а также длин связей в электроотрицательных заместителях свидетельствует об участии электроноакцепторных группировок в делокализации отрицательного заряда карбаниона [53, 61]. ИК-спектры дистабилизированных селенониевых илидов убедительно подтверждают это [16, 52].

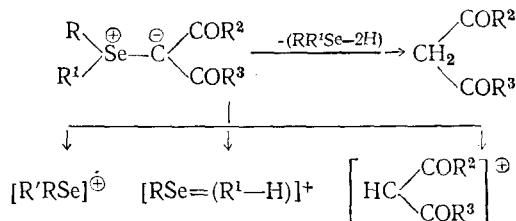
Для селенониевых дикето- и дицианометилидов весьма существен вклад биполярных резонансных структур (Iб, в) и (IIб, в) в основное состояние:

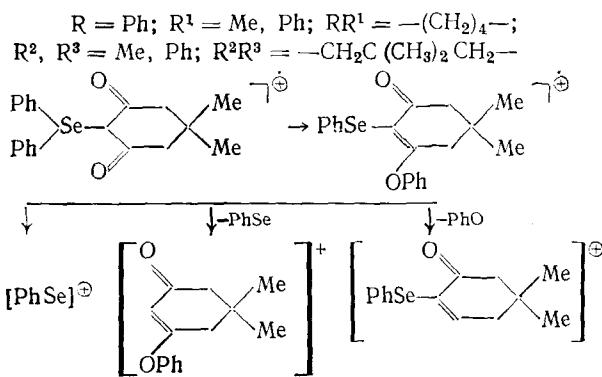


Найденные значения длии связей селен — илидный углерод в дистабилизированных илидах селена [53, 61], а также данные их спектров ЯМР ^{77}Se [25] позволяют сделать предположение об определенной доле двоесвязности и возможности образования $p-d\pi$ -связи с использованием d -орбитали селена [62]. Вклад структур (Iг) и (IIг) для илидов селена меньше, чем для аналогичных структур илидов серы.

Селенониевые илиды в аprotонных растворителях имеют W -конформацию карбанионного фрагмента, что подтверждается данными ПМР-спектров и дипольными моментами [15].

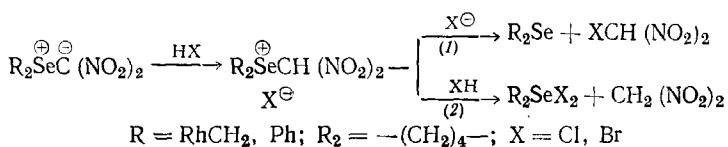
Под электронным ударом дикетоилиды селена претерпевают распад по илидной связи $>\overset{\oplus}{\text{Se}}-\overset{\ominus}{\text{C}}<$ наряду с миграцией водорода или радикала (в случае дифенилсelenонийдимедонилида), связанного с атомом селена, на анионный остаток илида [63]:





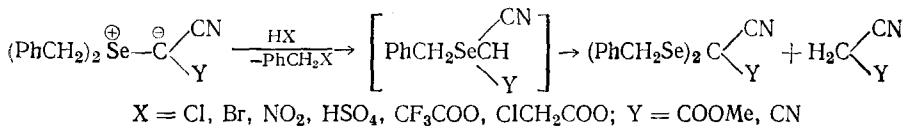
Дистабилизированные илиды селена, за исключением нитроилидов [19], — весьма стабильные соединения, устойчивые к действиям различных нуклеофилов: водной и спиртовой щелочи [51, 52], аминов [50], алкоголятов щелочных металлов [51]. Вследствие делокализации заряда илидного атома углерода на двух электроноакцепторных группах их нуклеофильность существенно ниже по сравнению с нестабилизированными и моностабилизированными илидами селена. Однако дистабилизированным илидам селена свойственны реакции с достаточно сильными электрофилами и соединениями, содержащими активированные кратные связи; так, они дают соответствующие гидрохлориды, которые вблизи температур плавления теряют HCl .

Селенониевые динитрометилиды обратимо протонируются минеральными кислотами, содержащими слабонуклеофильные анионы [19]. При действии кислот с нуклеофильными анионами происходит разрыв связи $>\overset{+}{Se}-\overset{-}{C}<$. Промежуточно образующаяся при этом соль способна расщепляться по связи $>\overset{+}{Se}-\overset{-}{CH}<$ не только нуклеофилом-противоионом (направление (1)), но и электрофильной молекулой кислоты (направление (2)) [19, 56]:

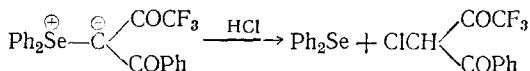


Преимущественное направление реакции зависит от нуклеофильных свойств противоиона; при переходе от HCl к HBr увеличивается доля направления (1).

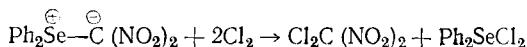
Дибензилселенониевые дициано- и цианокарбметоксиметилиды расщепляются кислотами лишь по связи $>\overset{+}{Se}-\overset{-}{CH_2Ph}<$ [28]:



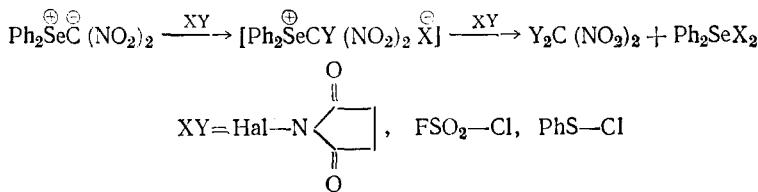
Напротив, дифенилселенонийтрифторацетилбензоилметилид распадается при действии хлористого водорода по связи $>\overset{+}{Se}-\overset{-}{C}<$ [16]:



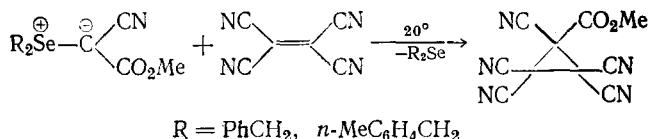
Дифенилселенониевые нитроилиды при взаимодействии с сильными электрофилами (Cl_2, Br_2, SO_2Cl_2) также легко расщепляются по связи $>\overset{+}{Se}-\overset{-}{C}<$ [19], например:



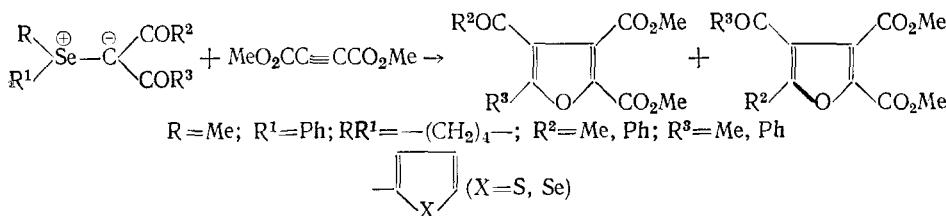
Соединения с «положительным» галогеном и фенилсульфенилхлорид в мягких условиях также реагируют с селенониевыми нитроилидами, причем с карбанионным фрагментом соединяются две «электрофильные» части реагента, как при взаимодействии дистабилизированных илидов с кислотами [19]:



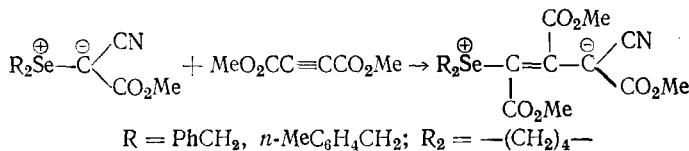
Дистабилизированные селенониевые илиды с α , β -непредельными кетонами, как правило, не реагируют. Однако замещенные циклопропаны были получены в реакции цианокарбметоксиметилидов селена с высокоэлектрофильным тетрацианэтilenом [57]:



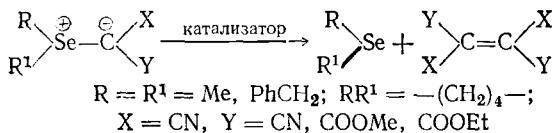
Взаимодействие селеноциновых дикетоилидов с диметилацетиленди-карбоксилатом приводит к тетразамещенным фуранам [50]:



При реакции цианокарбметоксиметилидов селена с диметилацетиленди-карбоксилатом образуются лишь бетаины, вероятно, вследствие пониженной электрофильности карбметоксильной группы [50, 57]:

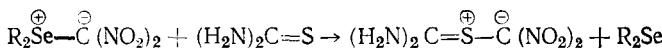


Дистабилизированные илиды селена легко разлагаются на соответствующие селениды и продукты димеризации карбанионного фрагмента при действии катализаторов: тетраметилтиомочевины [64], тиоамидов [65] и эписульфидов [66]:



Схемы всех этих реакций включают первоначальную атаку тиопроизводных илидным углеродом и элиминирование селенида [64—66].

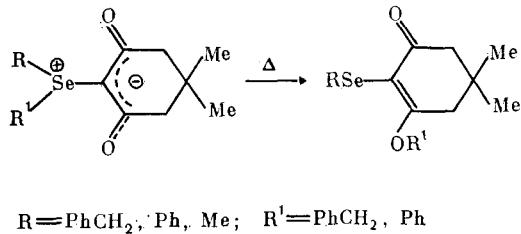
Известна реакция селенониевых динитрометилидов с тиомочевиной [56]:



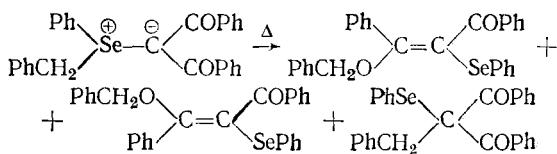
Течение этой реакции сильно зависит от строения радикалов при атоме селена. Если при $R_2 = -(CH_2)_4-$ тиуропиевый иlid образуется с вы-

соким выходом, то в случае $R=PhCH_2$ образуется комплекс с тиомочевиной состава 1:1, а в случае $R=Ph$ реакция не идет вовсе.

Селенониевые дикетоилиды в относительно мягких условиях (кипячение в бензole или ксиоле) претерпевают перегруппировки с миграцией бензильной или фенильной группы к атому кислорода [67]:

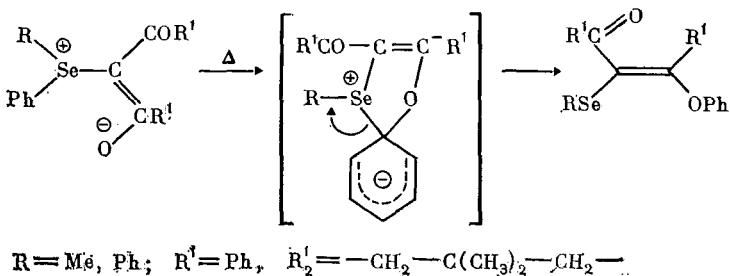


Лишь в случае бензилфенилселенонийбензоилметиляда наряду с продуктами О-миграции бензильной группы выделен продукт перегруппировки Стивенса:



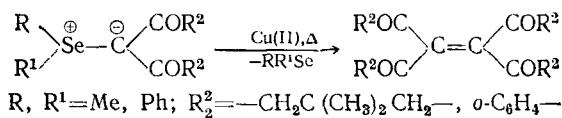
Перегруппировка фенилбензилселенониевых дикетоилидов происходит, по-видимому, ступенчато через посредство образования радикальной пары и последующую рекомбинацию внутри ячейки.

Миграция фенильной группы в метилфенил- и дифенилселенониевых дикетоилидах происходит по механизму внутримолекулярного нуклеофильного замещения в фенильном ядре [67]:

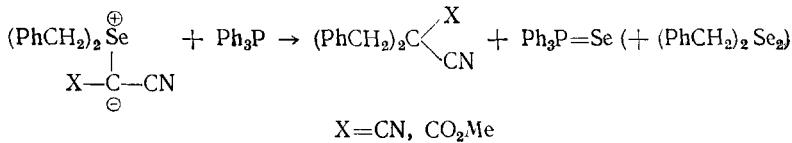


Способность к миграции радикалов, связанных с атомом селена, убывает в ряду $PhCH_2 > Ph > Me$ [67].

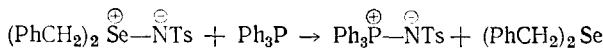
Термолиз циклических дикетоилидов селена в присутствии сульфата меди(II) протекает, по-видимому, через образование карбенов. В результате взаимодействия с исходным илидом карбен превращался в соответствующий тетразамещенный этилен [68]:



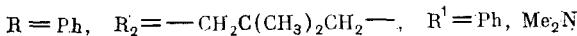
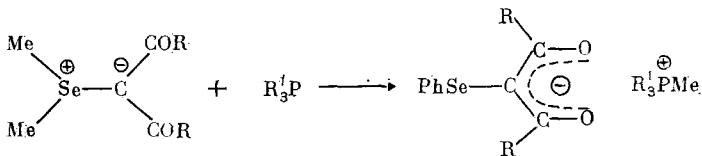
Основным направлением реакции дифенилселенониевых дистабилизованных илидов с трифенилfosфином является деселенирование с образованием трифенилфосфинселенида [69, 70]:



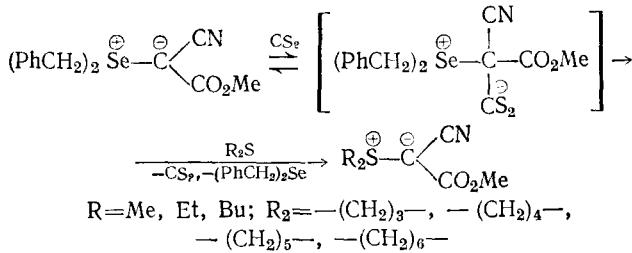
В то же время реакция дибензилселенонийтозилимида протекает с образованием трифенилfosфонийтозилимида [70]:



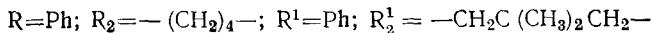
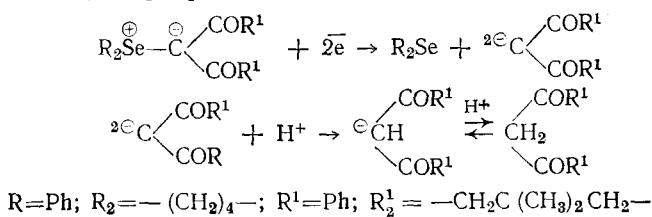
Трифенилфосфин и *трис*(диметиламино)фосфин деметилируют дикетоилидины с образованием фосфониевых солей енолов [71]:



Дибензилселенонийцианокарбметоксиметилен переилидируется диалкилсульфидами в присутствии сероуглерода [70]:



При полярографическом восстановлении стабильных илидов селена на капающем ртутном электроде в диметилформамиде процесс электрохимического расщепления связи углерод — селен состоит из двух последовательных стадий [72]:



После проведения электролиза и обработки католита водой в реакционной смеси обнаружены димедон и дифенилселинид. На второй стадии, по-видимому, происходит протоирирование динионов, с образованием сначала моноанионов, которые затем присоединяют протон и дают дибензоилметан и димедон соответственно.

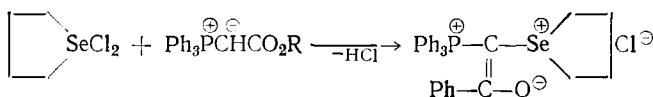
V. *бис*-ОНИЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ СЕЛЕНА

бис-Ониевые соединения селена — это илид-соли и динилиды, содержащие наряду с селенониевым ониевыми фрагменты других гетероатомов (азота, фосфора, мышьяка, селена, серы).

1. ИЛИД-СОЛИ СЕЛЕНА С ОНИЕВЫМИ ГРУППАМИ У ИЛИДНОГО АТОМА УГЛЕРОДА

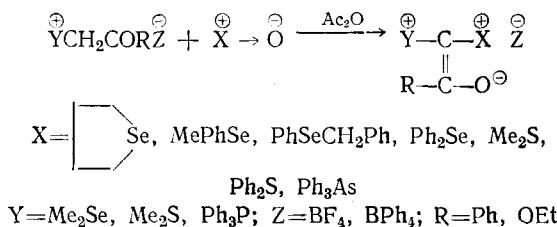
Первой попыткой синтеза илид-солей, содержащих селенониевую группу, была реакция диорганоселендихлоридов с карбалкоксиметилен-трифенилфосфоранами [73, 74]. Лишь в случае дихлорида селенолана промежуточно образующаяся *бис*-соль оказалась устойчива к действию

нуклеофильного хлорид-иона и была получена стабильная илид-соль [74]:



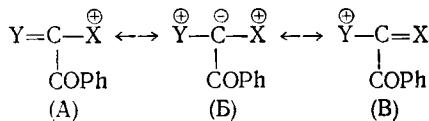
В реакции дифенилселендихлорида получается соответствующий α -хлорзамещенный фосфоран, а в случае дихлоридов метилфенил- и бензилфенилселенида происходит дезалкилирование промежуточно образующейся *bis*-соли и получается α -фенилселенометилентрифенилфосфоран [74].

Общим preparativным методом синтеза илид-солей селена является конденсация ониевых солей, содержащих активную метиленовую группу, с диорганилоксидами селена, серы и мышьяка в присутствии уксусного ангидрида. Выход илид-солей зависит от нуклеофильности исходного оксида [75—77]:

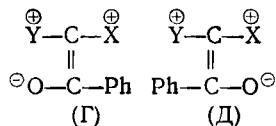


Необходимым условием этой реакции является наличие достаточно кислых протонов метиленовой группы в исходной ониевой соли ($\text{pK}_a \approx 6—9$) [75]. Фенильные группы у ониевых атомов как в исходных солях, так и в соответствующих оксидах стерически затрудняют это взаимодействие [75, 76]. Высокая стабильность илид-солей объясняется делокализацией отрицательного заряда карбаниона на трех центрах: двух ониевых атомах и карбонильном кислороде. Это приводит к уменьшению нуклеофильности илидного углеродного атома. Илид-соли являются более слабыми нуклеофилами, чем ацетат-ион.

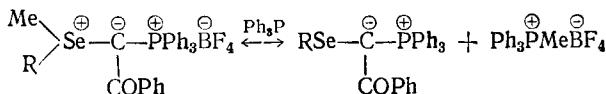
Строение катионов фенацилид-солей может быть описано совокупностью мезомерных структур (A—B) [77]:



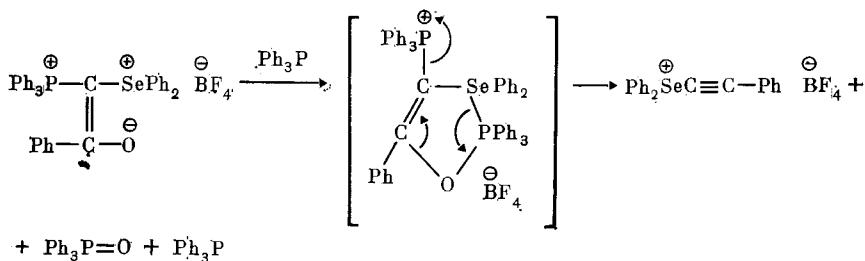
Ониевые группы фенацилид-солей по способности стабилизировать карбанион можно расположить в следующий ряд: $\text{Ph}_2\text{S} > \text{Ph}_3\text{P} > \text{Ph}_2\text{Se} > \text{Ph}_3\text{As} > \text{Me}_2\text{S} \approx \text{MePhSe} > \text{Me}_2\text{Se}$. Согласно ИК, ЯМР ^1H и ^{77}Se спектрам [25, 75—77] в случае, когда ониевые группы сильно различаются ($\text{X}=\text{Me}_2\text{Se}$ и $\text{Y}=\text{Ph}_3\text{P}$), реализуется *транс*-структура (Γ) со значительным вкладом структуры (A), а если ониевые группы близки по возможности стабилизации карбаниона ($\text{X}=\text{Me}_2\text{S}$ и $\text{Y}=\text{MePhSe}$), то илид-соль состоит из *цикло*- и *транс*-изомеров (Γ) и (Δ).



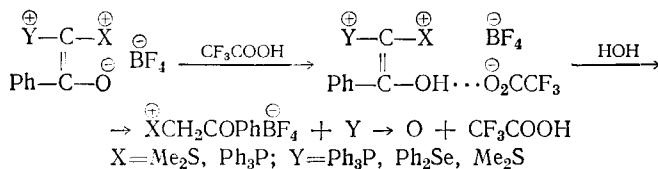
Фенацилид-соли, содержащие селенониевую и трифенилfosfonиевую группу, при сплавлении с трифенилфосфином деметилируются с образованием Se-замещенных фосфоранов [78]:



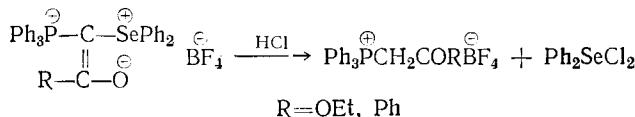
Илид-соли, не содержащие легко уходящих групп у ониевого атома селена, реагируют иначе. В этом случае имеет место нуклеофильная атака трифенилфосфина по атому селена с последующим элиминированием трифенилфосфина и трифенилфосфиноксида и образованием этилсelenониевых солей [77]:



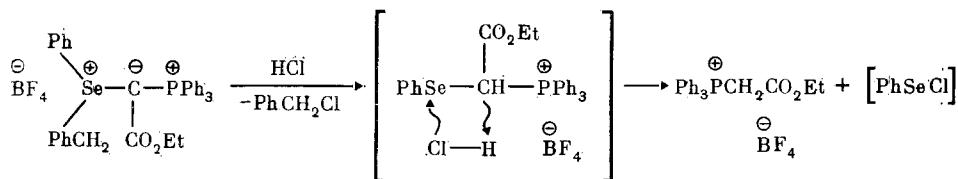
Трифторуксусная кислота протонирует фенацилид-соли по кислороду; получающиеся при этом *bis*-соли легко гидролизуются [79]:



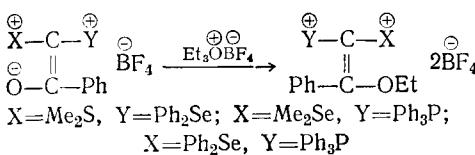
Электрофильное расщепление фенацилид-солей селена хлористым водородом [76, 77] протекает аналогично соответствующей реакции динитрометилсelenониевых солей [56]:



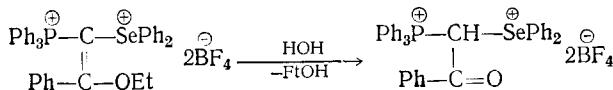
Взаимодействие бензилфенилсelenониевых илид-солей с хлористым водородом сопровождается их дезалкилированием [76]:



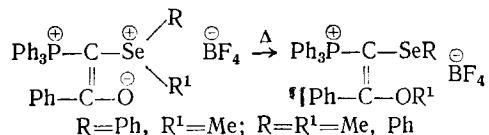
Алкилирование сelenониевых фенацилид-солей протекает по кислороду [80] с образованием *E*-изомера соответствующей *bis*-соли с *транс*-расположением трифенилфосфониевой, а при отсутствии последней — сelenониевой группы относительно алкоксигруппы:



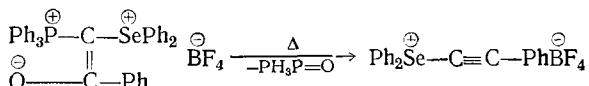
Образующиеся *bis*-соли легко гидролизуются влажным эфиром, например [80]:



Термолиз селенонисовых фенацилид-солей сопровождается миграцией метильной или фенильной группы ониевого фрагмента к атому кислорода за счет атаки нуклеофильным кислородом электрофильного углерода ониевой группы. При этом преимущественно образуется *E*-изомер соответствующего борфторида α,β -дизамещенного стирилтиофенилfosfonия с *транс*-расположением трифенилфосфониевой и аллокси- или феноксигруппы. Перегруппировка Стивенса не наблюдалась ни в одном случае [81]:



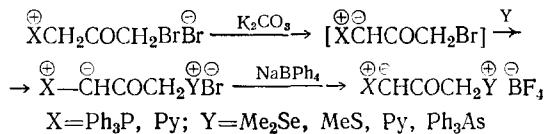
При перегруппировке дифенилселенониевой фенацилид-соли протекает внутримолекулярная реакция Виттига с образованием борфторида этилселенония [77]:



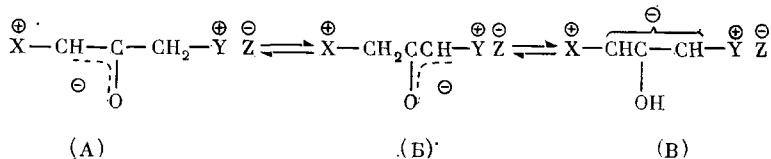
2. Илид-соли селена с ониевыми группами в положениях 1,3

Наличие в одной молекуле илид-соли двух различных ониевых групп в положениях 1, 3 дает возможность непосредственно сравнить степень их участия в стабилизации карбаниона.

Илид-соли, содержащие два различных ониевых центра элементов V и VI групп периодической системы в положениях 1, 3 — производные 1,3-дибромацетона — были получены по следующей схеме [82—84]:



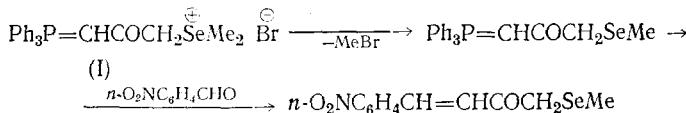
Для этих солей теоретически возможно существование трех тautомерных форм [83]:



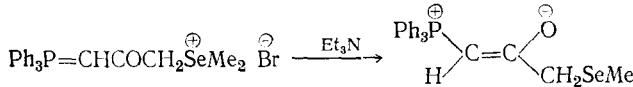
На основании данных спектров УФ, ИК, ЯМР ^1H , ^{31}P , ^{13}C , ^{77}Se было установлено, что илид-соль (I), содержащая наряду с трифенилфосфониевой диметилселенониевой группу ($\text{X}=\text{Ph}_3\text{P}$, $\text{Y}=\text{Me}_2\text{Se}$), находится в растворе преимущественно в виде одной тautомерной формы (А) с илидным фосфорановым фрагментом. Илид-соль, содержащая пиридиниевую и диметилселенониевую группы ($\text{X}=\text{Py}$, $\text{Y}=\text{Me}_2\text{Se}$), в растворе существует в виде равновесия двух тautомерных форм (А) и (Б) — с пиридиниевым илидным или солевым фрагментом. Наличие третьей формы не зафиксировано [25, 82—84].

Илид-соль (I) (бромид ω -трифенилфосфоранилиденакетонилдиметилселенония) в отличие от обычных илидов фосфора, не вступает в реакцию Виттига вследствие уменьшения нуклеофильности илидного карбаниона под влиянием близко расположенной селенониевой группы. При взаимодействии с *n*-нитробензальдегидом эта илид-соль образует селенированный α,β -непредельный кетон. По-видимому, под действием нуклеофильного бромид-иона в условиях реакции идет расщепление наиболее электронодефицитной связи $>\overset{+}{\text{Se}}-\text{Me}$, и образующийся при этом селенированный фосфоран вступает в реакцию Виттига с *n*-нитробен-

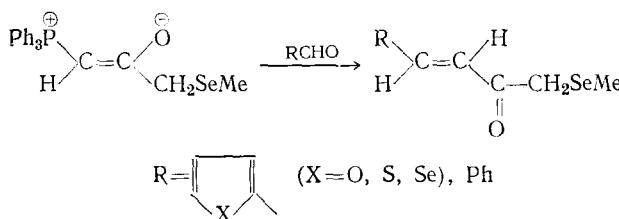
зальдегидом [85]:



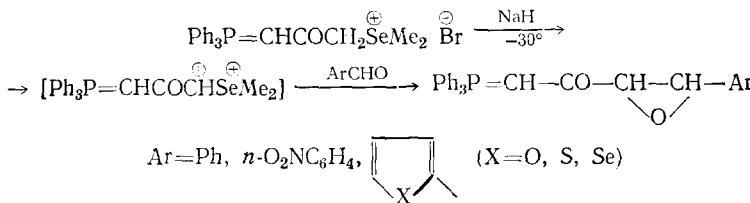
Илид-соль(I) с селенониевой и фосфониевой группами в положениях 1,3 легко деметилируется триэтиламином с образованием метилселеноацетилметилснитрилфосфорана, который в CHCl_3 находится в виде Z-конформера [84]:



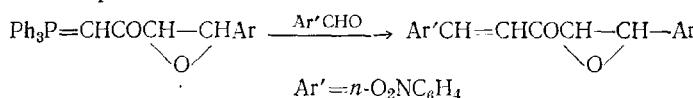
Этот фосфоран легко вступает в реакцию Виттига не только с активным *n*-нитробензальдегидом, но и с менее активными ароматическими или гетероарomaticкими альдегидами, образуя соответствующие α,β -непредельные кетоны *транс*-конфигурации, содержащие Me—Se-группу [84]:



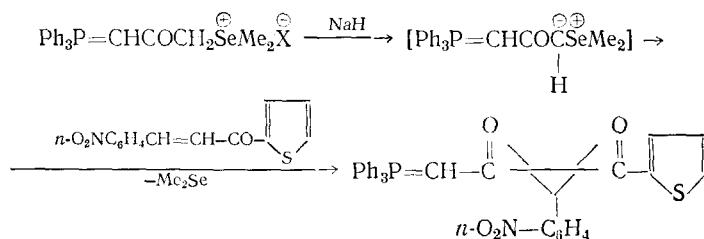
Такие основания, как карбонат или гидроксид натрия, не депротонируют илид-соль(I), хотя основность этих агентов достаточна для образования кетоселеноиевых илидов из соответствующих селеноиевых солей [31, 32]. При действии на илид-соль(I) гидрида натрия был *in situ* получен диилид и изучены его реакции с электрофильными реагентами — ароматическими альдегидами и α,β -непредельными кетонами [82, 85]. Так, с ароматическими альдегидами образуются кетометилен-трифенилfosфораны, содержащие оксирановый цикл:



Селенониевый илидный фрагмент в диилиде более нуклеофилен, чем в монокетоилидах, и легче взаимодействует с ароматическими альдегидами [82, 85]. Образовавшийся при этом фосфоран в более жестких условиях вступает в реакцию Виттига:



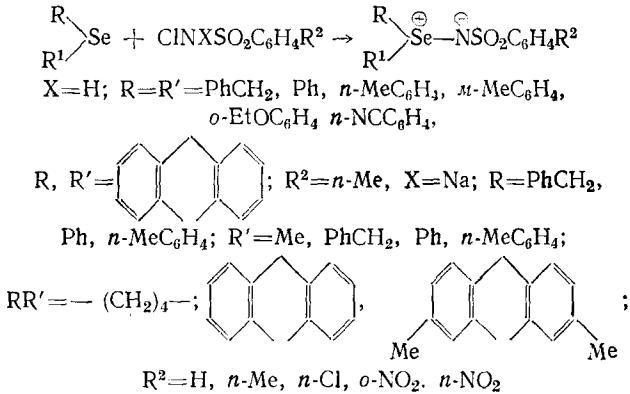
В реакции диилида с 1-(теноил-2)-2-(*n*-нитрофенил)этиленом [82, 85] илидная связь C—P остается неизменной:



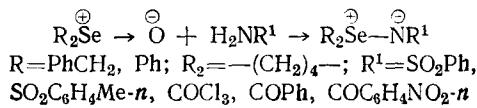
Таким образом, в реакциях с электрофильными реагентами в диилиде, образующемся при депротонировании илид-соли (I), значительно более реакционноспособным является селенурановый, а не фосфорановый фрагмент. Высокая реакционноспособность диилдов такого строения позволяет использовать их в органическом синтезе, так как подбирая различные по стабилизирующей способности оневые группы и условия проведения реакций, можно избирательно вводить во взаимодействие с электрофилами тот или иной илидный фрагмент.

VI. СЕЛЕНИМИДЫ

Селенимиды были синтезированы действием N-хлорсульфонамидов или их натриевых солей [86—88] на органические селениды:

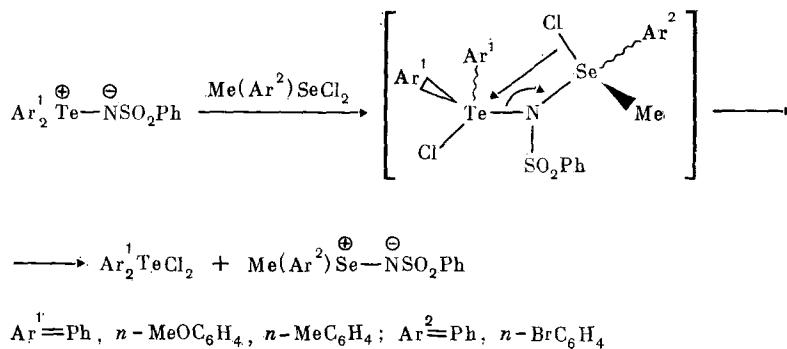


Селенимиды с хорошими выходами получаются при конденсации селеноксидов с сульфонамидами и амидами карбоновых кислот [51, 88, 90]:



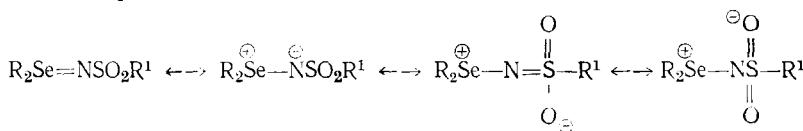
Для протекания этой реакции необходимо наличие достаточно сильных электронодонорных групп в оксиде и электроноакцепторных групп в амиде [90].

N-(Фенилсульфонил)теллуримиды при реакции с метиларилселендихлоридами образуют N-фенилсульфонилселенимиды и диарилтэллурдихлориды. Возможность такого превращения теллуримидов в селенимиды обусловлена большей по сравнению с селеном склонностью теллура к образованию тетракоординированных соединений [94]:



Данные ИК-, УФ- и ПМР-спектров указывают на биполярное строение N-арилсульфонилселенимидов со значительным вкладом в основное

состояние молекул резонансных структур с положительным зарядом на атоме селена [91]:

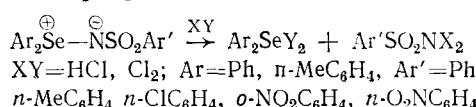


Синтезированы селениимиды с хиральной селенониевой группой. Пирамида ониевого атома селена в селениимидах имеет высокий барьер инверсии [91].

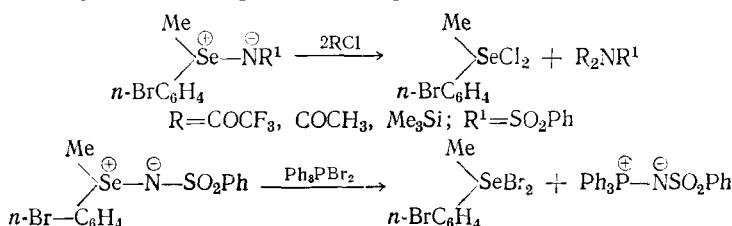
Измерения pK_a селениимидов показывают, что их основность близка к основности анилов ароматических альдегидов [91].

Селениимиды — стабильные соединения, устойчивые к действию водных щелочей и кислот при 20°C . Однако при длительном нагревании с 2N водным раствором гидроксида натрия они гидролизуются до селенооксидов и аренсульфамидов [87].

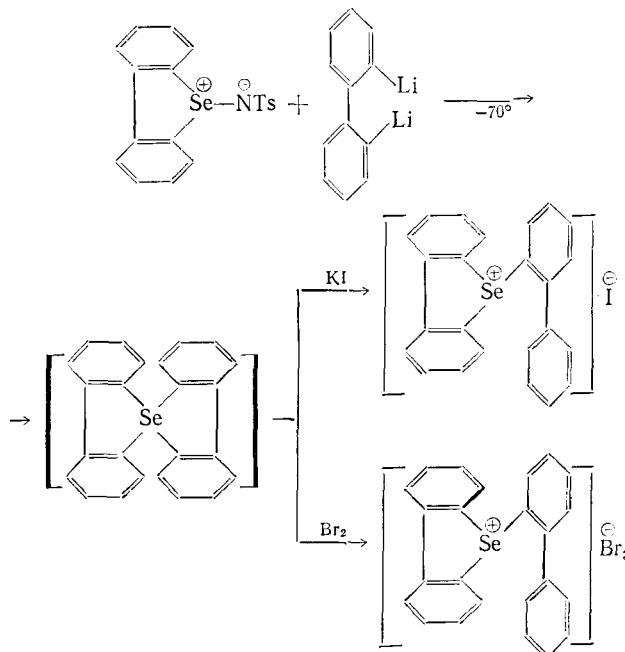
Диарилселениимиды, легко расщепляются хлористым водородом или хлором по связи $\overset{\oplus}{\text{Se}}-\overset{\ominus}{\text{N}}$ [87]:



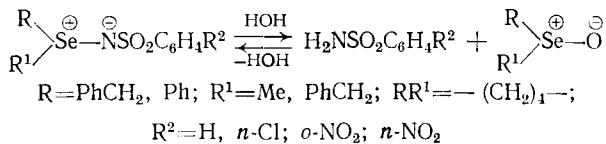
Селениимиды подобным образом реагируют и с ацилхлоридами, трифенилfosфиндибромидом и trimетилхлорсиланом [92]:



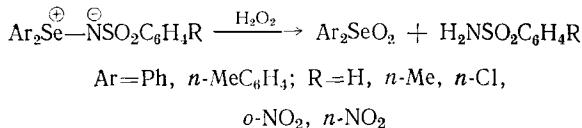
Реакция 2,2-бифенилсенентозилимида с 2,2-бифенилдилитием проходит через образование σ -селенурана спиранового строения [86]. Обработка эфирного раствора последнего водным иодидом калия или бромом приводит к продуктам его расщепления [86]:



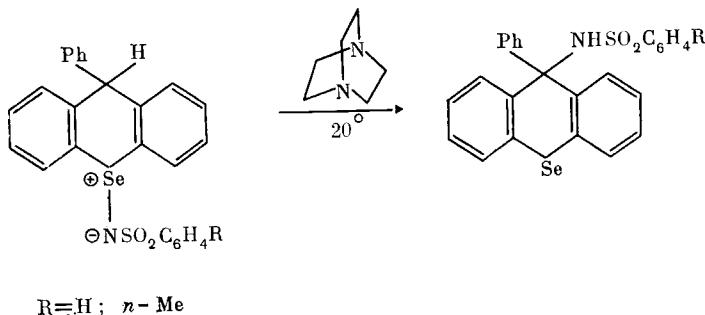
При нагревании водных растворов селенимидов протекает обратимый гидролиз с образованием сelenоксидов и соответствующих амидов [87, 88]:



Эта реакция ускоряется в присутствии гидроксида натрия или силикагеля [87]. Селенимиды окисляются перекисью водорода или двуокисью азота с последующей обработкой водой до диарилселенонов [87]:



Реакция N-арилсульфонилселенимидов с 1,4-диазабицикло[2.2.2]октаном при 20°С в бензоле протекает количественно с образованием 9-арилсульфонамино-9-фенилселенооксантов, а гидролиз на пластиинке силикагеля (TLC) — дает 9-фенилселенооксантен-10-оксид [93]:



Таким образом, приведенные в обзоре данные свидетельствуют о том, что за последние 15 лет химия селенониевых соединений интенсивно развивалась, особенно в последние годы.

На основе селенониевых соединений, в первую очередь реакционно-способных и легко доступных илидов селена, разработаны новые preparative methods синтеза различных классов органических соединений: третичных спиртов, олефинов различного строения, в том числе пространственно затрудненных, α -метилселенокарбонильных соединений, фосфоранов, содержащих метилселено- или эпоксигруппу, гетероароилциклических, нитронов, кетоформазанов, оксиранов, фуранов, конденсированных и неконденсированных α - и γ -пиранов, α -пирантионов, конденсированных дигидрофuranов, изоксазолин-N-оксидов и т. д.

Особый интерес среди реакций селенониевых соединений представляют различные процессы типа [1+2]-, [3+3]- или [1+4]-диполярного циклоприсоединения с участием илидов селена, которые в большинстве случаев протекают региоселективно и стереонаправленно.

Все это говорит о перспективности применения селенониевых соединений в целенаправленном тонком органическом синтезе.

Несомненно, можно ожидать открытия новых реакций с участием селенониевых соединений, которые найдут практическое применение. Это в свою очередь усилит интерес к химии селенониевых соединений с точки зрения вовлечения их в селективные химические процессы.

Быстрое развитие химии селенорганических соединений находит также отражение в том, что за время подготовки рукописи обзора к печати в литературе появилась монография [95].

ЛИТЕРАТУРА

1. Clave D. // Tetrahedron. 1978. V. 37. P. 1049.
2. Haines A. Methodes for the Oxidation of Organic Compounds. Acad. Press, 1985.
3. Reich H. // Oxidation in Organic Chemistry. Pt C. Acad. Press, 1978. P. 1.
4. Shine R. // Organic Selenium Compounds: Their Chemistry and Biology/Eds Klaiman D., Günther H. N. Y.: Wiley, 1973. P. 223.
5. Dumont W., Bayet P., Krief A. // Angew. Chem. 1974. B. 86. S. 308.
6. Кондратенко В. Н., Тимофеева Г. Н., Попов В. И., Ягупольский Л. М. // Журн. орган. химии. 1979. Т. 15. С. 2432.
7. Gassman P., Miura T., Mossman A. // J. Org. Chem. 1982. V. 47. P. 954.
8. Halazy S., Krief A. // Tetrahedron Lett. 1979. P. 4233; 1981. P. 2135.
9. Grivello J., Lem J. // J. Org. Chem. 1978. V. 43. P. 3055.
10. Деркач Н. Я., Лялина Т. В. // Журн. орган. химии. 1974. Т. 10. С. 1991.
11. Miyoshi N., Agari Y., Murai S., Sonoda N. // Synthesis. 1977. V. 9. P. 796.
12. Енифанов В. С., Коняхина Л. В., Мошкова В. Г., Сыскова В. П. А. с. 672198 СССР//Б. И. 1979. № 25.
13. Ishii Y., Yamada Y., Ogawa M. A. // Synthesis. 1978. V. 8. P. 93.
14. Магдесиева Н. Н., Кянджесиан Р. А. // Журн. орган. химии. 1971. Т. 7. С. 2228.
15. Кянджесиан Р. А. Дис. ... канд. хим. наук. М.: МГУ, 1975. С. 181.
16. Магдесиева Н. Н., Кянджесиан Р. А., Астафуров В. И. // Журн. орган. химии. 1975. Т. 11. С. 508.
17. Ende D., Krief A. // Tetrahedron Lett. 1976. P. 457.
18. Магдесиева Н. Н., Гордеев М. Ф. // Журн. орган. химии. 1984. Т. 20. С. 5480.
19. Шевелев С. А., Семенов В. В., Файнзильберг А. А. // Изв. АН СССР. Сер. хим. 1978. С. 1091.
20. Lindgren G., Schmid G. // Chem. Scripta. 1984. V. 23. P. 98.
21. Holliman F. G., Mann F. G. // J. Chem. Soc. 1945. P. 37.
22. McCullough J. G., Marsh R. E. // J. Amer. Chem. Soc. 1950. V. 72. P. 4556.
23. Енифанов В. С., Коняхина Л. В., Сыскова В. П. // Журн. аналит. химии. 1980. Т. 35. С. 2250.
24. Wynne K. J., George J. W. // J. Amer. Chem. Soc. 1969. V. 91. P. 1649.
25. Кушнарев Д. Ф., Калабин Г. А., Кянджесиан Р. А., Магдесиева Н. Н. // Журн. орган. химии. 1982. Т. 18. С. 119.
26. Amberger E. // Chem. Ber. 1968. B. 101. S. 1200.
27. Магдесиева Н. Н., Кянджесиан Р. А., Кирничек М. А., Човникова Н. Г. // Журн. орган. химии. 1981. Т. 17. С. 2552.
28. Tamagaki S., Tamura K., Kozuka S. // Bull. Chem. Soc. Jap. 1978. V. 51. P. 333.
29. Dumont W., Bayet P., Krief A. // Angew. Chem. 1974. B. 86. S. 857.
30. Птицына О. А., Гурский Н. Е., Рейтov O. A. // Журн. орган. химии. 1974. Т. 10. С. 2246.
31. Lotz W. W., Gosselck J. // Tetrahedron. 1973. V. 29. P. 917.
32. Магдесиева Н. Н., Колоскова Н. М., Ле Нгуен Нги // Химия гетероциклических соединений. 1977. С. 1475.
33. Sharpless K. B., Gordon K. M., Lander R. F. et al. // Chim. Scripta. 1975. V. 8A. P. 9.
34. Freeman B. H., Lloyd D., Singer M. // Tetrahedron. 1972. V. 28. P. 343.
35. Freeman B. H., Harris G. S., Kennedy B. W., Lloyd D. // Chem. Commun. 1972. P. 912.
36. Магдесиева Н. Н., Ле Нгуен Нги, Колоскова Н. М. // Журн. орган. химии. 1977. Т. 13. С. 1010.
37. Gassmann P. G., Miura T., Mossman A. // Chem. Commun. 1980. P. 558.
38. Яновская Л. А., Юфит С. С. // Органический синтез в двухфазных системах. М.: Химия, 1982. С. 184.
39. Магдесиева Н. Н., Сергеева Т. А. // Журн. орган. химии. 1984. Т. 20. С. 1598.
40. Dumont W., Bayet P., Krief A. // Angew. Chem. 1974. B. 86. S. 308.
41. Магдесиева Н. Н., Човникова Н. Г. // Журн. орган. химии. 1979. Т. 15. С. 2402.
42. Takakiv K., Yasumura M., Negora K. // Angew. Chem. 1981. B. 93. S. 707.
43. Магдесиева Н. Н., Гордеев М. Ф., Кянджесиан Р. А. // Журн. орган. химии. 1983. Т. 19. С. 2433.
44. Магдесиева Н. Н., Кянджесиан Р. А., Гордеев М. Ф. // Там же. 1982. Т. 18. С. 2514.
45. Магдесиева Н. Н., Ле Нгуен Нги, Колоскова Н. М. // Там же. 1979. Т. 15. С. 609.
46. Магдесиева Н. Н., Сергеева Т. А. // Там же. 1986. Т. 22. С. 1776.
47. Магдесиева Н. Н., Сергеева Т. А. // Там же. 1986. Т. 22. С. 2114.
48. Магдесиева Н. Н., Кянджесиан Р. А., Сергеева Т. А. // Там же. 1986. Т. 22. С. 1980.
49. Магдесиева Н. Н., Кянджесиан Р. А., Гордеев М. Ф. // Там же. 1983. Т. 19. С. 666.
50. Магдесиева Н. Н., Кянджесиан Р. А., Даниленко В. А. // Химия гетероциклических соединений. 1973. С. 1447.
51. Магдесиева Н. Н., Кянджесиан Р. А., Ракитин О. А. // Журн. орган. химии. 1976. Т. 12. С. 36.
52. Magdasesieva N. N., Kandjgesian R. A., Ibragimov A. A. // J. Organometal. Chem. 1972. V. 42. P. 399.
53. Wei K. T. H., Paul I. C., Chang M. // J. Amer. Chem. Soc. 1974. V. 96. P. 4099.
54. Tamagaki S., Sakaki K. // Chem. Lett. 1975. P. 503.
55. Sakaki K., Oae S. // Tetrahedron Lett. 1976. P. 3703.
56. Семенов В. В., Мельникова Л. Т., Шевелев С. А., Файнзильберг А. А. // Изв. АН СССР. Сер. хим. 1980. С. 138.
57. Tamagaki S., Akutsuka R., Kozuka S. // Bull. Chem. Soc. Jap. 1977. V. 50. P. 1641.

58. Reich H. J., Trend J. E. //J. Org. Chem. 1976. V. 41. P. 2503.
59. Гордеев М. Ф. Дис. ... канд. хим. наук. М.: МГУ, 1984.
60. Саатсазов В. В., Кянджециан Р. А., Кузнецов С. И., Магдесиева Н. Н. и др. //Изв. АН СССР. Сер. хим. 1973. С. 671.
61. Саатсазов В. В., Кянджециан Р. А., Кузнецов С. И., Магдесиева Н. Н. и др. //Докл. АН СССР. 1972. Т. 206. С. 1130.
62. Tatsumi K., Yoshioka Y., Yamaguchi K., Tuono T. //Tetrahedron. 1976. V. 32. P. 1705.
63. Терентьев П. Б., Кянджециан Р. А., Магдесиева Н. Н. //Журн. орган. химии. 1976. Т. 12. С. 2504.
64. Tamagaki S., Hatanaka J. //Chem. Lett. 1976. P. 301.
65. Tamagaki S., Hatanaka J. //Ibid. 1976. P. 1303.
66. Tamagaki S., Tamura K., Kozuka S. //Ibid. 1977. P. 375.
67. Магдесиева Н. Н., Кянджециан Р. А., Ракитин О. А. //Журн. орган. химии. 1975. Т. 11. С. 2562.
68. Магдесиева Н. Н., Ле Нгуен Нги, Колоскова Н. М. //Там же. 1980. Т. 16. С. 124.
69. Садеков И. Д., Минкин В. И., Семенов В. В., Шевелев С. А. //Успехи химии. 1981. Т. 50. С. 813.
70. Tamagaki S., Tamura K., Kozuka S. //Chem. Lett. 1977. P. 725.
71. Арбузов Б. А., Белкин Ю. В., Полежаева Н. А., Буслаева Г. Е. //Изв. АН СССР. Сер. хим. 1979. С. 1625.
72. Бутин К. П., Слободкин Г. М., Магдесиева Н. Н. //Вестн. МГУ. Сер. хим. 1978. Т. 19. С. 343.
73. Магдесиева Н. Н., Кянджециан Р. А. //Журн. орган. химии. 1973. Т. 9. С. 1755.
74. Магдесиева Н. Н., Кянджециан Р. А. //Журн. общ. химии. 1974. Т. 44. С. 1708.
75. Магдесиева Н. Н., Даниленко В. А. //Журн. орган. химии. 1979. Т. 15. С. 379.
76. Магдесиева Н. Н., Кянджециан Р. А. //Там же. 1979. Т. 15. С. 2396.
77. Даниленко В. А. Дис. ... канд. хим. наук. М.: МГУ, 1979. С. 111.
78. Магдесиева Н. Н., Даниленко В. А. //Журн. общ. химии. 1979. Т. 49. С. 1978.
79. Магдесиева Н. Н., Даниленко В. А. //Журн. орган. химии. 1979. Т. 15. С. 2428.
80. Магдесиева Н. Н., Даниленко В. А. //Там же. 1979. Т. 15. С. 2055.
81. Магдесиева Н. Н., Даниленко В. А. //Там же. 1980. Т. 16. С. 654.
82. Човникова Н. Г. Дис. ... канд. хим. наук. М.: МГУ, 1983. С. 157.
83. Магдесиева Н. Н., Човникова Н. Г., Бруновская И. И. //Журн. орган. химии. 1984. Т. 20. С. 2097.
84. Магдесиева Н. Н., Кянджециан Р. А., Човникова Н. Г., Емельянова Н. Н. //Там же. 1981. Т. 17. С. 340.
85. Магдесиева Н. Н., Човникова Н. Г., Кянджециан Р. А. //Там же. 1984. Т. 20. С. 2092.
86. Hellwinkel D., Fahrbach G. //Liebigs Ann. Chem. 1968. B. 715. S. 68.
87. Деркач Н. Я., Ляпина Т. В., Пасмурцева Н. А. //Журн. орган. химии. 1974. Т. 10. С. 807.
88. Tamagaki S., Oae S., Sakaki K. //Tetrahedron Lett. 1975. P. 649.
89. Hori M., Kataoka T., Chen-Fu Hsü //Chem. Pharm. Bull. 1974. V. 22. P. 15.
90. Наддака В. И., Гарькин В. П., Садеков И. Д. и др. //Журн. орган. химии. 1979. Т. 15. С. 896.
91. Наддака В. И., Краснов В. П., Попова Л. Л., Минкин В. И. //Там же. 1982. Т. 18. С. 259.
92. Наддака В. И., Краснов В. П., Минкин В. И. //Там же. 1983. Т. 19. С. 2632.
93. Hori M., Kataoka T., Shimizu H., Tomimatsu K. //Tetrahedron Lett. 1982. P. 901.
94. Наддака В. И., Гарькан В. П., Авanesян К. В. //Журн. орган. химии. 1986. Т. 22. С. 1102.
95. Liotta D. //Organoselenium Chemistry. N. Y.—L.: Wiley, 1986.

Московский государственный
университет им. М. В. Ломоносова,
Химический факультет