
УЧЕНЫЕ ТИМИРЯЗЕВКИ

К 95-летию профессора Игоря Иоганновича Грандберга (1930–2011)

Николай Михайлович Пржевальский[✉], Геннадий Петрович Токмаков

[✉]Автор, ответственный за переписку: prjevalski@mail.ru

Аннотация

В статье рассматривается научная и педагогическая деятельность выдающегося советского и российского ученого в области органической химии, заслуженного деятеля науки Российской Федерации, доктора химических наук, профессора Игоря Иоганновича Грандберга. Приведена краткая биография ученого, показан его вклад в отечественную и мировую науку. Научные интересы И.И. Грандберга были связаны с разработкой новых способов синтеза и изучением химических и биологических свойств гетероциклических соединений. В этом разделе химии он открыл новую важную реакцию, которая мировым сообществом была названа как «Реакция Грандберга». Рассмотрены достижения ученого в изучении механизма химических реакций, решении прикладных задач для различных отраслей народного хозяйства. Обсуждается значительный вклад И.И. Грандберга в подготовку кадров для агропромышленного комплекса страны, связанный с многократно переизданным учебником «Органическая химия» для бакалавров и специалистов по сельскохозяйственным, биологическим и медицинским специальностям.

Ключевые слова

Органическая химия, гетероциклические соединения, научная деятельность, пиразолы, триптамины, органические реакции, педагогическая деятельность

Для цитирования

Пржевальский Н.М., Токмаков Г.П. К 95-летию профессора Игоря Иоганновича Грандберга (1930–2011) // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 6. С. 5–13.

SCIENTISTS OF TIMIRYAZEV ACADEMY

On the 95th anniversary of Professor Igor I. Grandberg (1930–2011)

Nikolay M. Przhevalskiy[✉], Gennadiy P. Tokmakov

[✉]Corresponding author: prjevalski@mail.ru

Abstract

This article examines the scientific and pedagogical activities of Igor I. Grandberg, a prominent Soviet and Russian scientist in the field of organic chemistry, Honored Scientist of the Russian Federation, Doctor of Chemical Sciences, and Professor. A brief biography of the scientist is presented, showcasing his contribution to both national and global science. I.I. Grandberg's scientific interests were focused on the development of novel synthetic methods and the study of the chemical and biological properties of heterocyclic compounds. In this area of chemistry, he discovered a significant

new reaction, which the international scientific community subsequently named the “Grandberg Reaction.” The article also discusses his achievements in studying the mechanisms of chemical reactions and solving applied problems for various sectors of the national economy. Furthermore, the significant contribution of I.I. Grandberg to the training of specialists for the country’s agro-industrial sector is discussed, particularly through his repeatedly reissued textbook “Organic Chemistry” for bachelor’s and specialist degree students in agricultural, biological, and medical areas.

Key words

Organic chemistry, heterocyclic compounds, scientific activities, pyrazoles, tryptamines, organic reactions, pedagogical activities

For citation

Przhevalskiy N.M., Tokmakov G.P. On the 95th anniversary of Professor Igor I. Grandberg (1930–2011). *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 6. P. 5–13.

Введение

Introduction

19 февраля 2025 г. исполнилось 95 лет со дня рождения Игоря Иоганновича Грандберга, выдающегося советского и российского ученого, химика-органика, доктора химических наук, профессора, заслуженного деятеля науки Российской Федерации, автора именной «реакции Грандберга», автора и соавтора более 500 статей и 61 авторского свидетельства, учебника «Органическая химия» и практикума «Органическая химия. Практические работы и семинарские занятия». 46 лет трудовой деятельности Игорь Иоганнович провел в Тимирязевской академии, 30 лет был заведующим кафедрой органической химии, которая в этот период стала одной из ведущих в стране. Поэтому юбилейная статья, посвященная памяти ученого, является весьма актуальной.

Цель исследований: описать научную, педагогическую и общественную деятельность выдающегося ученого, создателя научной школы органической химии в академии – профессора Игоря Иоганновича Грандберга.

Методика исследований

Research method

Исследования были проведены в библиотеке химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, в Центральной научной библиотеке имени Н.А. Железнова Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева, в сети Интернет в 2024 г. Были подробно проанализированы научные и педагогические труды профессора И.И. Грандберга и его учеников, что позволило дополнить и расширить представление о роли И.И. Грандберга в развитии отечественной и мировой химической науки.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Игорь Иоганнович Грандберг родился 19 февраля 1930 г. в Москве. Окончив среднюю школу, он поступил на химический факультет Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, который окончил с отличием в 1953 г. Через 3 года (1956 г.) И.И. Грандберг успешно защитил кандидатскую диссертацию на тему «Некоторые реакции азинов» (руководитель – профессор А.Н. Кост).

Свою дальнейшую научную деятельность И.И. Грандберг посвятил химии гетероциклических соединений. В 1962 г. он блестяще защитил докторскую диссертацию «Исследования пиразолов» и оказался самым молодым доктором химических наук в СССР. Результаты этой фундаментальной работы оказались настолько важными, что были опубликованы в 1966 г. в престижном международном научном журнале [1]. Отметим, что Игорь Иоганнович называл своим учителем профессора МГУ Алексея Николаевича Коста, который, несомненно, повлиял на его творческий научный почерк. Заметим, что в 2006 г. профессор И.И. Грандберг был награжден медалью имени профессора А.Н. Коста за выдающиеся достижения в области химии азотистых гетероциклов.

В 1965 г. молодого ученого пригласили на освободившуюся должность заведующего кафедрой органической химии Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева, и вся последующая научно-педагогическая деятельность Игоря Иоганновича была связана с этим вузом. Начиная практически с нуля, И.И. Грандберг создал кафедру, которую в химических кругах называли филиалом химфака МГУ. Он привлек для работы на кафедре уже известных ученых (профессор В.Н. Дрозд и профессор Р.А. Хмельницкий) и перспективных молодых ученых – выпускников ведущих химических вузов.

И.И. Грандберг оснастил кафедру самыми современными спектральными приборами, прекрасным лабораторным оборудованием, химической посудой (которой не было даже в МГУ). Кроме спектральной и хроматографической лабораторий, на кафедре были созданы лаборатории микроанализа и фотолиза, а также стеклодувная мастерская. Все это предоставляло возможность вести научную работу на высочайшем уровне. В течение 30 лет (1965–1995) он руководил кафедрой, но и после продолжал проводить эксперименты до конца своей жизни.

Результаты, полученные в ходе исследований И.И. Грандберга, способствовали существенному развитию химии гетероциклических соединений. На наш взгляд, главная причина такого бурного развития – это творческий почерк исследователя. Он заключался, во-первых, в строгой логике при решении синтетических задач, во-вторых, в обязательном выяснении механизма химических реакций и, наконец, в-третьих, в непременном изучении путей практического применения полученных соединений. Именно такой подход к научному поиску характеризует все работы И.И. Грандберга и становится определяющим в работах его учеников.

В начальный период самостоятельной научной деятельности И.И. Грандберг впервые систематически изучил вопросы корреляции между электронной структурой, сопряжением и реакционной способностью двухъядерных гетероароматических систем [2]. Продолжая исследования гетероциклов, Игорь Иоганнович Грандберг открыл новый одностадийный синтез триптаминов – важнейших производных индола [3]. Эта реакция оказалась настолько удобной, важной и перспективной, что с ее помощью на кафедре впервые были получены неизвестные или труднодоступные ранее биологически активные производные триптаминов, в том числе азатриптамины, гомотриптамины, физовенины, эзеролины, триптофолы и гомотриптофолы, эзерины и гомоэзерины. По результатам



И. И. Грандберг

этих исследований было защищено 11 диссертаций на соискание ученой степени кандидата химических наук, получено 21 авторское свидетельство на изобретения. Всего под руководством И.И. Грандберга защищено 39 кандидатских диссертаций, при его участии в качестве консультанта – 5 докторских, получено 61 авторское свидетельство.

Обобщая данные по изучению механизма открытой реакции, И.И. Грандберг предположил [4], что ключевые стадии образования триптаминов по его реакции и индолов по реакции Фишера протекают по единому механизму [3,3]-сигматропного сдвига, что впоследствии было экспериментально подтверждено [5]. Данная гипотеза оказалась весьма плодотворной и позволила предсказать, объяснить и осуществить ряд реакций [6, 7].

В 1974 г. в ТСХА была издана монография И.И. Грандберга «Основы принципа сохранения симметрии молекулярных орбиталей» [8]. Этот труд он написал, творчески осмыслив и переложив на доступный язык теорию перициклических реакций нобелевских лауреатов Вудворда и Гофмана. Монография явилась первым в нашей стране пособием для студентов, аспирантов и научных сотрудников, посвященным новой концепции органической химии. Отметим, что И.И. Грандберг существенно развил данную теорию, предложенную для углеродных цепей, распространив ее на системы с гетероатомами [9].

Ученники профессора И.И. Грандберга были достойны своего учителя. Так, профессор Г.П. Токмаков обнаружил необычную перегруппировку арилиндолов в дibenзазепины – важный класс биологически активных соединений [10]. Доцент Н.Л. Нам разработала оригинальный синтез новых конденсированных гетероциклических систем на основе амино- и оксициазолов и β -дикарбонильных соединений [11].

Начиная с 70-х гг. XX столетия, коллектив кафедры по инициативе профессора И.И. Грандберга, при его участии и под его руководством решал ряд прикладных задач для различных отраслей народного хозяйства. Работы публиковались в престижных отечественных и международных журналах. Для химической и нефтехимической промышленности был разработан перспективный метод очистки сернистых щелоков нефтепереработки от вредных органических примесей – фенолов и меркаптанов [12].

Были найдены композиции для изготовления долгоиграющих пластинок [13], активная среда для лазеров на растворах органических соединений [14], светостойкий полиметилметакрилат [15].

В 80-е – начале 90-х гг. по инициативе И.И. Грандберга проведены фундаментальные исследования по синтезу и спектрально-люминесцентным свойствам производных 7-аминокумаринов. [16]. Было найдено 45 веществ, которые имеют КПД генерации лазерного излучения не менее 20%. Ряд лазерных сред на основе 3-замещенных кумаринов обладает рекордными характеристиками по КПД или фотостабильности. Все синтезированные соединения защищены 7 авторскими свидетельствами. Работы были выполнены под непосредственным руководством М.А. Кирпичёнка – талантливого ученика профессора И.И. Грандберга, защитившим докторскую диссертацию по результатам этих исследований.

И.И. Грандберг постоянно соблюдал принцип, согласно которому исследования, проводимые на непрофилирующей кафедре в сельскохозяйственном вузе, должны иметь тематику, определяемую сельскохозяйственной наукой. В связи с этим на кафедре были организованы группа доцента Н.К. Семёновой (занималась строением, свойствами и классификацией гуминовых кислот почв) и группа Л.Б. Дмитриева (впоследствии – профессора), которая анализировала состав эфирных масел различных эфироносов [17]. Л.Б. Дмитриев был и остается ведущим специалистом в стране по применению метода хромато-масс-спектрометрии для анализа эфирных масел и других сельскохозяйственных продуктов [18]. Он является старейшим выпускником академии, впитавшим идеи профессора И.И. Грандберга, одаренным специалистом

как в области химии, так и в сфере эксплуатации весьма сложных приборов для физико-химических и спектральных исследований органических молекул.

Важной и востребованной оказалась работа, в которой был изучен процесс фотохимической деградации ряда пестицидов, широко используемых в сельскохозяйственной практике [19].

Педагогический талант профессора Игоря Иоганновича Грандберга в полной мере раскрылся при создании учебника «Органическая химия» (1974). Основной материал учебника написан на основе оригинального курса лекций, который И.И. Грандберг читал студентам агрохимического факультета. Его практикум «Органическая химия. Практические работы и семинарские занятия» (1973) способствовал развитию у студентов навыков анализа веществ, выделяемых из природных объектов. Обе книги неоднократно переиздавались (в 2019 г. вышло в свет 10-е издание учебника) и до сих пор используются в качестве базовых для подготовки бакалавров и специалистов по сельскохозяйственным, биологическим и медицинским специальностям.

Организационный талант И.И. Грандберга проявился в создании в конце 70 – начале 80-х гг. при кафедре органической химии сервисной лаборатории физико-химических методов исследования органических веществ (ИК-, УФ-, ЯМР масс-спектрометрия и хромато-масс-спектрометрия). В дальнейшем лаборатория развивалась и сейчас функционирует как важная структурная единица академии – Учебно-научный центр коллективного пользования – «Сервисная лаборатория комплексного анализа химических соединений».

Все высказанное позволяет говорить о научной школе профессора И.И. Грандберга [20]. Его работы имеют фундаментальное значение для ряда разделов химии гетероциклических соединений. «Реакция Грандберга» – блестящее достижение школы, признание ее заслуг мировым химическим сообществом [21]. За первую четверть XXI в. опубликовано свыше 40 работ отечественных и зарубежных ученых, в которых реакцию Грандберга использовали для синтеза различных биологически активных соединений [22–27]. В этот перечень вошли некоторые значимые с нашей точки зрения работы.

По результатам научных исследований Игорь Иоганнович Грандберг опубликовал более 500 работ, в том числе свыше 60 авторских свидетельств на изобретения. Это веское доказательство новизны проведенных исследований, их значимости для народного хозяйства. Циклы работ профессора И.И. Грандберга дважды удостаивались первых премий на конкурсах, проводимых Всесоюзным химическим обществом им. Д.И. Менделеева: «Синтетические исследования и изыскание новых лекарственных препаратов в ряду пиразолов» (1961); «Исследования в области важнейших биогенных аминов индольного ряда» (1972).

И.И. Грандберг принимал активное участие в научно-организационной и общественной работе. В течение многих лет он был председателем специализированного совета по защите кандидатских диссертаций в МСХА имени К.А. Тимирязева, членом экспертного совета ВАК по докторским диссертациям, председателем ГЭК на химическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова (1965–1990), входил в состав редколлегий журналов «Известия ТСХА», «Журнал органической химии», издательства «Мир».

В 1995 г. И.И. Грандбергу было присвоено звание «Заслуженный деятель науки РФ». В 2010 г. ученый совет РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева была опубликована библиография «Игорь Иоганнович Грандберг» [28].

И.И. Грандберг сохранял преемственность в руководстве. В 1995 г. он передал кафедру коллеге – профессору В.Н. Дрозду, затем ее возглавил профессор В.Н. Князев (1997 г.). С 2005 г., до ее объединения с кафедрой физической и коллоидной химии в 2011 г. кафедрой заведовал ученик И.И. Грандберга – профессор Н.М. Пржевальский.

В 6 учебном корпусе на третьем этаже, где ныне размещается отделение органической химии, установлена памятная доска с портретом ученого, с надписью «Здесь с 1965 по 2011 годы работал профессор, заслуженный деятель науки РФ ИГОРЬ ИОГАННОВИЧ ГРАНДБЕРГ (1930–2011)».

Выводы Conclusions

Многолетняя плодотворная научная и педагогическая деятельность Игоря Иоганновича Грандберга – яркий пример служения науке и Отечеству. За все время существования кафедры органической химии в академии (1890–2011) 45-летний период 1965–2010 гг. является самым выдающимся. Под руководством профессора И.И. Грандберга кафедра приобрела известность в ученом мире высоким уровнем исследований в различных научных направлениях: теоретическая органическая химия, органический синтез, химия гетероциклических соединений, проблемы сельскохозяйственной науки. Вершина достижений: «Реакция Грандберга» – это признание заслуг школы органической химии профессора И.И. Грандберга, роли РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в организации учебного и научного процессов. Несомненно, творческое научное наследие профессора Игоря Иоганновича Грандберга послужит будущим поколениям химиков академии.

Список источников

1. Kost A.N., Grandberg I.I. Progress in Pyrazole Chemistry. *Advances in Heterocyclic Chemistry*. 1966;6:347-429. [https://doi.org/10.1016/S0065-2725\(08\)60579-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2725(08)60579-6)
2. Грандберг И.И. О взаимной электроноакцепторности сопряженных ароматических систем // *Журнал общей химии*. 1963. Т. 33. С. 504–506.
3. Грандберг И.И., Зуянова Т.И., Афонина Н.И., Иванова Т.А. Новый метод синтеза важнейших биогенных аминов // *Доклады академии наук СССР*. 1967. Т. 176, № 3. С. 583–585.
4. Грандберг И.И. Индолы XXXIII. Синтез индолов по Фишеру и некоторые родственные реакции как сигматропные перегруппировки: Обзор // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 1972. Вып. 5. С. 188-203
5. Грандберг И.И., Пржевальский Н.М., Клюев Н.А. Прямое доказательство протекания синтеза индолов по Фишеру по схеме сигматропной [3,3]-перегруппировки // *Химия гетероциклических соединений*. 1976. № 8. С. 1065–1071.
6. Грандберг И.И., Сорокин В.И., Направление циклизации арилгидразонов и о-фениловых эфиров оксимов несимметричных кетонов в условиях реакции Фишера: Обзор // *Успехи химии*. 1974. Т. 43. Вып. 2. С. 266–293.
7. Пржевальский Н.М., Костромина Л.Ю., Грандберг И.И. Новые данные о механизме синтеза индолов по Фишеру: Обзор // *Химия гетероциклических соединений*. 1988. № 7. С. 867–880. EDN: XDVXQD
8. Гранберг И.И. Основы принципа сохранения симметрии молекулярных орбиталей: Учебное пособие. Москва: ТСХА, 1974. 176 с.
9. Пржевальский Н.М., Грандберг И.И. Аза-перегруппировка Коупа в органическом синтезе // *Успехи химии*. 1987. Т. 56. Вып 5. С. 814–820. EDN: WSSIMV
10. Tokmakov G.P., Grandberg I.I. Rearrangement of 1-arylindoles to 5H-dibenz[b, f]azepines. *Tetrahedron*. 1995;51(7):2091-2098. [https://doi.org/10.1016/0040-4020\(94\)01082-B](https://doi.org/10.1016/0040-4020(94)01082-B)
11. Грандберг И.И., Нам Н.Л., Конденсированные системы на базе аминов и оксипиразолов и β-дикарбонильных соединений: Обзор / Под ред. В.Г. Карцева

- // *Избранные методы синтеза и модификации гетероциклов*. Москва: IBS PRESS, 2003. Т. 2. С. 228–247.
12. Грандберг И.И., Пржевальский Н.М., Либин А.Л. Очистка сернистых щелочей нефтепереработки от органических примесей с помощью параформа и кристаллизации // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 1975. Вып. 3. С. 201–204. EDN: WWCAXX
13. Авторское свидетельство 279047 А1 (СССР): С08f 29/18, С08f 45/44. Композиция для изготовления долгоиграющих пластинок / И.И. Грандберг, В.М. Хазанджи, Л.Н. Солдатова, 1970.
14. Авторское свидетельство 819873 А1 (СССР): Н01S3/20. Активная среда для лазеров на растворах органических соединений / Грандберг И.И., Денисов Л.К., Козлов Н.А., Ланцов А.М. и др., 1981.
15. Авторское свидетельство 1776659 А1 (Российская Федерация): С08f 120/14. Светостойкий полиметилметакрилат с люминофорными звеньями в цепи / Грандберг И.И., Барашков Н.Н., Сахно Т.В., Муравьёва Т.М. и др., 1992.
16. Горожанкин С.К., Кирпичёнок М.А., Грандберг И.И. Синтез 4-алкил-функционально замещенных 7-диалкиламиноокумаринов // *Химия гетероциклических соединений*. 1990. № 10. С. 1326–1330.
17. Zamureenko V.A., Kluev N.A., Dmitriev L.B., Grandberg I.I. Gas-liquid combination in the analysis of essential oils. *Journal of Chromatography*. 1984;303(1):109-115. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(01\)96050-9](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(01)96050-9)
18. Грандберг И.И., Замуреенко В.А., Клюев Н.А., Дмитриев Л.Б. Изучение состава эфирного масла мяты перечной (*mentha piperita*) с использованием хромато-масс-спектроскопии // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 1980. Вып. 1. С. 169–173. <http://elib.timacad.ru/dl/full/23-1980-1.pdf>
19. Grandberg I.I., Brodsky E.S., Kluev N.A., Bocharov B.V. et. al. Photodegradation of the herbicide goal. *Toxicology & Environmental Chemistry*. 1992;34: 105-111. <https://doi.org/10.1080/02772249209357783>
20. Белопухов С.Л., Пржевальский Н.М., Смарьгин С.Н. Научно-педагогическая школа химии в Петровской земледельческой и лесной академии – Российском государственном аграрном университете – МСХА имени К.А. Тимирязева // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2014. Вып. 6. С. 114–140. EDN: TLABQR
21. Джоуль Дж., Миллс К. *Химия гетероциклических соединений*. Москва: Мир, 2004. 452 с.
22. Лайпанов Р.К., Токмаков Г.П., Денисов П.Д., Пржевальский Н.М. Синтез триптаминов по Грандбергу для мультикомпонентных реакций // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2012. Вып. 5. С. 123–129. EDN: PGERYX
23. Пржевальский Н.М., Лайпанов Р.К., Токмаков Г.П., Нам Н.Л. Реакция Грандберга в синтезе биологически активных соединений // *Известия Академии наук. Серия химическая*. 2016. № 7. С. 1709–1715. EDN: WJDCFX
24. Пржевальский Н.М., Лайпанов Р.К., Токмаков Г.П., Лукина И.В. и др. Синтез новых потенциально биологически активных пиранопиридонов с фрагментом триптамина // *Известия Академии наук. Серия химическая*. 2021. № 3. С. 555–561. EDN: CFWFHF
25. Пржевальский Н.М., Аникина Л.В., Глоба А.А., Токмаков Г.П. и др. Цитотоксичность пиранопиридонов с триптаминовым фрагментом // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2023. Вып. 3. С. 5–24. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2023-3-5-24>
26. Slade J., Parker D., Gergis M., Wu R. et al. Optimization and Scale-Up of the Grandberg Synthesis of 2-Methyltryptamine. *Organic Process Research & Development*. 2007;11(4):721-725. <https://doi.org/10.1021/op7000518>

27. Bosch J., Roca T. Armengol M., Fernández-Forner D. Synthesis of 5-(sulfamoylmethyl) indoles. *Tetrahedron*. 2001;57(6):1041-1048. [https://doi.org/10.1016/S0040-4020\(00\)01091-7](https://doi.org/10.1016/S0040-4020(00)01091-7)

28. Игорь Иоганович Грандберг: *Материалы к биобиблиографии* / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; Центральная научная библиотека имени Н.И. Железнова. Москва: Изд-во РГАУ-МСХА, 2016. 83 с.

References

1. Kost A.N., Grandberg I.I. Progress in Pyrazole Chemistry. *Advances in Heterocyclic Chemistry*. 1966;6:347-429. [https://doi.org/10.1016/S0065-2725\(08\)60579-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2725(08)60579-6)
2. Grandberg I.I. About mutual electron acceptor of conjugated aromatic systems. *Zhurnal obshchei khimii*. 1963;33:504-506. (In Russ.)
3. Grandberg I.I., Zuyanova T.I., Afonina N.I., Ivanova T.A. A new method of synthesis of the most important biogenic amines. *Doklady Akademii nauk SSSR*. 1967;176(3):583-585. (In Russ.)
4. Grandberg I.I. Indoles XXXIII. Synthesis of indoles according to Fischer and some related reactions as sigmatropic rearrangements: a review. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 1972;(5):188-203. (In Russ.)
5. Grandberg I.I., Przheval'skiy N.M., Kluev N.A. Direct evidence of the Fischer synthesis of indoles according to the sigmatropic [3,3] rearrangement scheme. *Khimiya geterotsiklicheskikh soedineniy*. 1976;(8):880-885. (In Russ.)
6. Grandberg I.I., Sorokin V.I., Direction of cyclization of arylhydrazones and o-phenyl ethers of unsymmetrical ketone oximes under Fischer reaction conditions: a review. *Uspekhi khimii*. 1974;43(2):266-293. (In Russ.)
7. Przheval'skiy N.M., Kostromina L.Yu., Grandberg I.I. New data on the mechanism of the fischer indole synthesis (review). *Khimiya geterotsiklicheskikh soedineniy*. 1988;(7):867-880. (In Russ.)
8. Grandberg I.I. *Fundamentals of the principle of conservation of symmetry of molecular orbitals*: a textbook. Moscow, Russia: TSKhA;1974:176. (In Russ.)
9. Przheval'skiy N.M., Grandberg I.I. Aza-Cope rearrangement in organic synthesis. *Uspekhi khimii*. 1987;56(5):814-820. (In Russ.)
10. Tokmakov G.P., Grandberg I.I. Rearrangement of 1-arylindoles to 5H-dibenz[b, f]azepines. *Tetrahedron*. 1995;51(7):2091-2098. [https://doi.org/10.1016/0040-4020\(94\)01082-B](https://doi.org/10.1016/0040-4020(94)01082-B)
11. Grandberg I.I., Nam N.L. Condensed systems based on amino- and hydroxypyrazoles and β -dicarbonyl compounds. In: *Selected methods for the synthesis and modification of heterocycles*. V.G. Kartsev (Ed). Moscow, Russia: IBS PRESS, 2003;2:228-247. (In Russ.)
12. Grandberg I.I., Przheval'skiy N.M., Libin A.L. Purification of sulfurous oil refining liquors from organic impurities using paraform and crystallization. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 1975;(3):201-204. (In Russ.)
13. Author's certificate 279047 A1 (USSR): C08f 29/18, C08f 45/44. Composition for making long-playing records. Grandberg I.I., Hazandzhi V.M., Soldatova L.N., 1970. (In Russ.)
14. Author's certificate 819873 A1 (USSR): H01S3/20. Active medium for lasers using solutions of organic compounds. Grandberg I.I., Denisov L.K., Kozlov N.A., Lantsov A.M. et. al., 1981. (In Russ.)
15. Author's certificate 1685947 A1 (Russian Federation): C08f 120/14. Light-resistant polymethylmethacrylate with phosphor links in the chain. Grandberg I.I., Barashkov N.N., Sakhno T.V., Muraviova T.M., 1992. (In Russ.)

16. Gorozhankin S.K., KirpichEnok M.A., Grandberg I.I. Synthesis of 4-alkyl-functionally substituted 7-dialkylaminocoumarins. *Khimiya geterotsiklicheskikh soedineniy*. 1990;(10):1326-1330. (In Russ.)
17. Zamureenko V.A., Kluev N.A., Dmitriev L.B., Grandberg I.I. Gas liquid combination in the analysis of essential oils. *Journal of Chromatography*. 1984;303(1):109-115. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(01\)96050-9](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(01)96050-9)
18. Grandberg I.I., Zamureenko V.A., Kluev N.A., Dmitriev L.B. Study of the composition of peppermint (mentha piperita) essential oil using gas chromatography-mass spectroscopy. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 1980;(1):169-173. (In Russ.) <http://elib.timacad.ru/dl/full/23-1980-1.pdf>
19. Grandberg I.I., Brodsky E.S., Kluev N.A., Bocharov B.V. et. al. Photodegradation of the herbicide goal. *Toxicology. & Environmental Chemistry*. 1992;34:105-111. <https://doi.org/10.1080/02772249209357783>
20. Belopukhov S.L., Przhevalskiy N.M., Smirgin S.N. Scientific and pedagogical school of chemistry in Peter's Academy of Agriculture and Forestry – Russian Timiryazev State Agrarian University. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2014;(6):114-140. (In Russ.)
21. Joule J., Mills K. *Chemistry of heterocyclic compounds*. Moscow; Russia: Mir, 2004:452. (In Russ.)
22. Laipanov R.K., Tokmakov G.P., Denisov P.D., Przheval'skii N.M. Synthesis of tryptamines by the grandberg method for multi-component reactions use. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2012;(5):123-129. (In Russ.)
23. Przheval'skii N.M., Laipanov R.K., Tokmakov G.P., Nam N.L. The Grandberg reaction in the synthesis of biological active compounds. *Izvestiya Akademii Nauk. Seriya Khimicheskaya*. 2016;(7):1709-1715. (In Russ.)
24. Przhevalskii N.M., Laipanov R.K., Tokmakov G.P., Lukina I.V. et. al. Synthesis of new potentially biologically active pyranopyridones with tryptamine fragment. *Izvestiya Akademii Nauk. Seriya Khimicheskaya*. 2021;(3):555-561. (In Russ.)
25. Przhevalskiy N.M., Anikina L.V., Globa A.A., Tokmakov G.P. et. al. Cytotoxicity of pyranopyridones with tryptamine fragment. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2023;(3):5-24. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2023-3-5-24>
26. Slade J., Parker D., Gergis M., Wu R. et. al. Optimization and Scale-Up of the Grandberg Synthesis of 2-Methyltryptamine. *Organic Process Research & Development*. 2007;11(4):721-725. <https://doi.org/10.1021/op700051>
27. Bosch J., Roca T., Armengol M., Fernández-Forner D. Synthesis of 5-(sulfamoylmethyl) indoles. *Tetrahedron*. 2001;57(6):1041-1048. [https://doi.org/10.1016/S0040-4020\(00\)01091-7](https://doi.org/10.1016/S0040-4020(00)01091-7)
28. *Essay on the life, scientific, pedagogical, educational activities of I.I. Grandberg*. Przhevalskiy N.M. et al. (Comp.). Moscow, Russia: Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 2016:83. (In Russ.)

Сведения об авторах

Николай Михайлович Пржевальский, д-р хим. наук, профессор; e-mail: prjevalski@mail.ru

Геннадий Петрович Токмаков, канд. хим. наук; e-mail: tokmakovgp@gmail.com

Information about the authors

Nikolay M. Przhevalskiy, DSc (Chem), Professor; e-mail: prjevalski@mail.ru
Gennadiy P. Tokmakov, CSc (Chem); e-mail: tokmakovgp@gmail.com