

FOMINA I.R.

Institute of Basic Biological Problems RAS

Russia, 142290, Moscow Region, Pushchino, Institutskaya str. 2, e-mail: irafomi@rambler.ru

Biosphere Systems International Foundation

USA, 85755, Arizona

"THE ROOTS OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE IS LOST IN THE ENDLESS VISTAS OF CENTURIES ..." V.I. VERNADSKY DEDICATED

Aims. The purpose of present brief review to show the importance of joint use of archaeological and genetic research techniques to identify the centers of domestication and the time it was made. In his works on the history of science, V.I. Vernadsky wrote: "The roots of our scientific thought ... go much deeper into the distance and ages, than they think ... Clear idea of the amount of empirical knowledge ... in these far away times we, unfortunately, can not have now. One can not, however, be ignored, the history of knowledge begins ... to reveal so big amount of empirical knowledge ... that did not believe the science of XIX century". The same can be said of the latest achievements in identifying empirical knowledge of breeders of the Stone Age, which was hard to believe in the last millennium. **Conclusions.** Need to update this section in textbooks and lectures on the history of biology clearly illustrated by the remarkable discoveries of the last decade of the domestication of cats, dogs, horses.

Key words: domestication, cat, dog, horse.

ЭЙГЕС Н.С., ВОЛЧЕНКО Г.А., ВОЛЧЕНКО С.Г.

Институт биохимической физики им. Эмануэля РАН

Россия, 119334, Москва, ул. Косыгина 4, e-mail: volchenkos@mail.ru

ЯВЛЕНИЕ «ХИМИЧЕСКИЙ МУТАГЕНЕЗ» И.А. РАПОПОРТА – КРУПНЕЙШЕЕ ОТКРЫТИЕ XX ВЕКА К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ



В 2012 году, 14 марта исполнилось 100 лет со дня рождения всемирно известного ученого-генетика Иосифа Абрамовича Рапопорта, лауреата Ленинской премии, Героя социалистического труда, номинанта на Нобелевскую премию

за открытие явления и метода химического мутагенеза. И.А. Рапопорт известен своими героическими подвигами во время Великой Отечественной войны и вкладом в Победу. Дата 100-летия широко отмечалась научной общественностью: в Московском Институте биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН, который прежде назывался Институтом экспериментальной биологии, позже Институтом цитологии, гистологии и эмбриологии, где Иосиф Абрамович работал до 1948 года и где им были проведены многие исследования и сделаны выдающиеся открытия. Конференцию проводила О.Г. Строева. В Украине (откуда родом Иосиф Абрамович) в Белоцерковском Аграрном Национальном университете конференцию вел С.П. Васильковский. В.В. Моргун провёл заседание, посвящённое памяти Рапопорта, в Институте физиологии растений и генетики НАН в Киеве. С.П. Васильковский и В.В. Моргун принимали участие в совещаниях по химическому мутагенезу, проводимых И.А. Рапопортом в 50-е – 90-е годы XX века. В Алуште дата отмечалась на съезде Общества генетиков и селекционеров Украины. Также дата отмечалась в Харькове, в Уфе

/Башкортостан/.

Два крупных открытия XX века принадлежат И.А. Рапопорту: один из видов наследственной изменчивости в образе химического мутагенеза и ненаследственной модификационной изменчивости в виде фенотипической активации. Оба открытия исходят из двух основополагающих трудов Иосифа Абрамовича. Они отражены соответственно в двух книгах: «Микрогенетика» [1, 2] и «Феногенетический анализ независимой и зависимой дифференцировки» [3]. После уничтожения этих книг в годы лысенковщины «Микрогенетика» была в 2010 году переиздана О.Г. Строевой, которая внесла неоценимый вклад в анализ и популяризацию трудов И.А. Рапопорта. Книга «Феногенетический анализ независимой и зависимой дифференцировки» была несколько ранее опубликована в номерах журнала «Онтогенез» [3].

Наследственная изменчивость вызывается действием сильных химических мутагенов, открытых И.А. Рапопортом в количестве около 300, более слабых мутагенов им было найдено в несколько раз больше. С последними И.А. Рапопорт также много работал. Из сильных мутагенов в селекционных целях Иосиф Абрамович рекомендовал чаще использовать этиленмин (один из первых, мутагенную активность которого он открыл), нетрозотилмочевину, нитрозометилмочевину, диметилсульфат, диэтилсульфат, нитрозометилбиурет, 1,4-бис-диазоацетилбутан и другие соединения. Эти и другие, наиболее эффективно действующие химические мутагенные вещества Иосиф Абрамович назвал супермутагенами.

Ненаследственная изменчивость была также глубоко изучена И.А. Рапопортом. Им обнаружено большое число химических соединений, вызывающих модификации (морфозы), в частности фенокопии, имитирующие мутации. Среди модификаторов наибольший интерес представляет высокоэффективное физиологически активное вещество антиоксидант парааминобензойная кислота.

Оба метода – химический мутагенез и модификационная изменчивость были широко внедрены ещё при жизни Рапопорта с активным его участием в разные области фундаментальных и прикладных исследований: в изучение эволюционных процессов, генетику и теорию мутагенеза, в сельское хозяйство, лесоводство, медицину, экологию, микробиологию, микробиологическую промышленность, в животноводство. Из прикладных наук Иосиф Абрамович наибольшее внимание уделял сельскому хозяй-

ству.

Каким образом И.А. Рапопорту удалось открыть и разграничить оба вида изменчивости, которые он исследовал – наследственную и ненаследственную – открытия, которые подтвердились на классическом генетическом объекте мухе дрозофиле (*Drosophila melanogaster*), а позже – на широком круге различных сельскохозяйственных культур и на разных других таксономических объектах.

И.А. Рапопорт нашёл путь, по которому он безошибочно обнаруживал интересующие его вещества и относил их к мутагенам или к модификаторам. Он определил, что механизмы их действия на живые организмы различны, но основа действия исходит из одного источника. Благодаря этим исследованиям, Рапопорт мог предсказывать степень эффективности как мутагенов, так и модификаторов. В обнаружении этих соединений и их разграничении решающую роль играли величины их дипольных моментов [4, 5]. У химических мутагенных веществ они составляют 2,4 – 2,7 Д; 1Д – единица измерения дипольного момента. Эта единица названа по имени известного учёного Дебая, изучавшего диэлектрические характеристики молекул. У модификаторов дипольные моменты сильнее и составляют от 4Д и выше этого значения [4, 5]. В этом состоит «ключ», по выражению О.Г. Строевой нахождения химических мутагенов и модификаторов. А именно, среди множества химических соединений – обнаружение химических мутагенов, в том числе супермутагенов органической природы и модификаторов как в основном неорганической, так и органической природы, а также разграничение их функций.

Открытия И.А. Рапопорта в области наследственной и фенотипической изменчивости в большой мере обязаны тому, что он сумел интегрировать основополагающие для этих целей науки: генетику, физику и химию. На данном этапе к этим трем наукам присоединяются ещё физиология и биохимия. На стыке интегрированных наук открываются широкие горизонты для проникновения в глубину явлений, что привело И.А. Рапопорта к открытиям здесь представленным.

Модификаторы с более высоким значением дипольного момента по сравнению с химическими мутагенами, мутаций не вызывают. Однако модификаторы обладают способностью вступать в комплексы с ферментами (без валентных связей), активируя их и реактивируя после воздействия ультрафиолетом и ионизирующей радиацией [6]. Поэтому Рапопорт обо-

значил этот феномен термином «фенотипическая активация». Особое значение среди модификаторов Иосиф Абрамович придавал парааминобензойной кислоте (ПАБК). Активируя фермент ДНК-полимеразу [7] ПАБК вызывает репарации – восстановление хромосом, поврежденных ионизирующей радиацией или высокими дозами химических мутагенов [8]. Поэтому ПАБК является генетически значимым соединением, но не мутагенным с защитным эффектом окружающей среды от радиации. ПАБК экологически чистое вещество, витамин, антиоксидант, участвующий в создании экологически чистой продукции. Морфозы, в особенности вызванные действием ПАБК, часто отличаются положительными свойствами, что используется для повышения урожайности [9, 10], снижения поражения фитопатогенами и повышения адаптивных свойств [11], но уже на ненаследственном фенотипическом уровне.

ПАБК была внедрена в сельское хозяйство в 80 – 90-ые годы на зерновых культурах после производственных испытаний в хозяйствах Московской и Тюменской областей, в которых авторы принимали участие. Во многих областях бывшего Советского Союза, по инициативе Минсельхоза, после того, как было установлено положительное влияние ПАБК на зерновые, овощные и кормовые культуры, картофель, свеклу (кормовую, столовую, сахарную), кукурузу и другие культуры, было уже широкое внедрение ПАБК в сельское хозяйство и она была внесена в соответствующий список Госхимкомиссией в 1993 году. На овощных культурах ПАБК также применяется и в индивидуальных хозяйствах. С помощью ПАБК лечатся глазные заболевания [12]. Она применяется в геронтологии [13]. Положительное влияние ПАБК сказывается на домашних и сельскохозяйственных животных [14, 15]. У них повышается иммунитет, выживаемость, увеличивается вес и плодовитость. ПАБК также используется в лесоводстве, клеточной культуре, культуре ткани.

Такое широкое положительное влияние ПАБК на разные таксономические объекты основано главным образом на активации широкого круга жизненно важных ферментов, которые часто под влиянием неблагоприятных условий оказываются в угнетенном состоянии и на восстановлении поврежденных хромосом. В связи с этим ПАБК особенно эффективна в тех случаях, когда внешние условия неблагоприятны.

Химическими мутациями ещё раньше занимались и другие исследователи. Например, одновременно с открытием И.А. Рапопорта яв-

ления химического мутагенеза в 1946 году [16] появилась публикация по иприту Ауэрбах и Робсона [17]. Иприт – отравляющий горчичный газ, использовавшийся во время Первой мировой войны, не пригоден для получения ценных в хозяйственном отношении мутаций, т.к. этот мутаген отличается жестким действием и вызывает исключительно разрывы хромосом в большом количестве и их перестройки – в 24% случаев, а генных мутаций, представляющих основной интерес с точки зрения возможностей практического использования, не вызывает. Генные мутации, представляющие интерес с точки зрения их практического использования – это прерогатива сильных химических мутагенов – супермутагенов И.А. Рапопорта.

В 30-ые годы 20-го века «химические» мутации были получены В.В. Сахаровым [18] под воздействием йода и других неорганических веществ. Уровень мутаций был низок и только не на много превышал спонтанный уровень. М.Е. Лобашёв пробовал уксусную кислоту [19] и аммиак [20]. Он получил результат сходный с результатом В.В. Сахарова: в опыте с аммиаком частота мутаций была очень низкой. Уксусная кислота мутаций не вызывала.

В.В. Сахаров был первым, кто опубликовал химические мутации и специфичность действия химических веществ неорганической природы в сравнении их действия с действием ионизирующей радиации и спонтанным мутагенезом [21].

Выше изложенные результаты, при которых уровень мутирования был низок, получены на дрозофиле. На других объектах результатов в то время ещё не было. Таким образом, ни иприт, ни йод, ни уксусная кислота и аммиак не могли быть использованы для практических целей. Специфичность характера действия химических мутагенов неорганической природы исследовалась В.В. Сахаровым при очень низкой мутагенной активности и узком мутационным спектром.

Только химические мутагенные вещества органической природы, подобранные И.А. Рапопортом в соответствии с величиной дипольного момента, о чём было сказано выше, проявившие высокую эффективность после испытаний на дрозофиле, вылились в широкие теоретические и практические исследования и были применены в ряде областей биологии: в эволюционных и генетических исследованиях, в сельском хозяйстве, медицине, микробиологии и микробиологической промышленности, в экологии, животноводстве, лесоводстве.

Поэтому И.А. Рапопорт является осново-

положником химического мутагенеза – одного из крупнейших открытий XX-го века. В связи с этим открытием Иосиф Абрамович был номинирован на Нобелевскую премию. Однако получить её ему было не суждено. Иосиф Абрамович не поехал в Стокгольм по принципиальным соображениям, связанным с условием, поставленным перед ним ЦК КПСС о вступлении в партию заново (до 1948 года он был членом партии КПСС, но после сессии ВАСХНИЛ – исключён).

Одним из достижений в области химического мутагенеза было создание разными сельскохозяйственными и биологическими учреждениями за относительно короткий промежуток времени (60-е – 90-е годы XX-го века) около 400 мутантных сортов сельскохозяйственных культур, многие из которых успешно прошли Государственные сортоиспытания. Многие селекционеры страны занимались созданием новых сортов с использованием метода химического мутагенеза и большинство из них – внепланово.

Возникает вопрос: как объяснить столь широкое распространение метода химического мутагенеза, который ещё при жизни И.А. Рапопорта стал массовым, составил эпоху в разных областях биологической науки и был внедрён не только в бывшем Советском Союзе, но и в ряде других стран – Венгрии, Китае, Вьетнаме, Индии, США. В Индии продолжает исследования ученик Иосифа Абрамовича Балрам Шарма.

Широкому распространению метода химического мутагенеза способствовали ежегодные совещания специалистов, использующих в своих исследованиях этот метод. Иосиф Абрамович проводил совещания в Институте химической физики АН СССР, где возглавлял отдел химической генетики, проявляя живой, можно сказать трепетный интерес к исследованиям, здесь обсуждаемым. По сути это была школа. Каждое совещание Иосиф Абрамович предварял своим докладом по теории химического мутагенеза и модификационной изменчивости. Школа во многом помогала специалистам расширять и углублять знания в области генетики (особенно в 50-е годы, вскоре после сессии ВАСХНИЛ 1948г.) и творчески их использовать в своих работах. Совещания сыграли немалую роль в интенсификации генетических и селекционных исследований.

Большую роль в широком внедрении метода играли контакты Иосифа Абрамовича со специалистами и его помощь им в исследованиях. Иосиф Абрамович часто посещал сельскохозяйственные и биологические учреждения, наблюдая вместе со специалистами посевы разных

культур, оценивая материал, советуя, как строить работу в дальнейшем. Таким образом, он работал со специалистами в Краснодарском крае, Сибири, Средней Азии, в Центральном регионе, в Украине, в автономной республике Крым.

Большое значение в научных и практических достижениях имела сама личность Иосифа Абрамовича: его талант, преданность делу, отзывчивость, всегдашняя готовность помочь в постановке опытов, справедливость, бескорыстие, честность, доходящая до щепетильности. Под руководством Иосифа Абрамовича совещания проходили демократично. Каждый мог высказаться. Рапорт не ограничивал докладчиков во времени, проявляя живой интерес к исследованиям, оценивая их, комментируя, глубоко в них вникал. Однако, если работы были слабыми, он был весьма резок в оценках, хотя это бывало не часто.

При создании новых сортов сельскохозяйственных культур методом химического мутагенеза многие селекционеры предлагали И.А. Рапопорту соавторство, однако он неизменно отказывался быть в числе авторов новых сортов. Это вызывало доверие и уважение специалистов и ещё более привлекало многих к работе этим методом.

Иосиф Абрамович отказывался быть в числе авторов при создании сортов озимой пшеницы и у своих сотрудников. Он говорил, что во всех случаях не может включаться в авторы сортов, так как их создавали специалисты, вкладывая интеллект, силы и время, хотя и работая методом химического мутагенеза: «Не становитесь же мне автором такого количества сортов!». Однако он был рад, когда мы предложили назвать хемомутантный сорт озимой пшеницы его именем.

Иосиф Абрамович умел разглядеть творческие возможности специалистов, которые он особенно ценил и умел развить. При этом он говорил: «Ведь Ваша работа козырная!» или «Работа образцовая». Это звучало в его устах как наивысшая оценка данного исследования. Химические супермутагены он раздавал селекционерам бесплатно, всегда с ними беседовал, знакомил с методикой работы.

Деньги своей Ленинской премии Иосиф Абрамович раздал сотрудникам Отдела химической генетики, хотя нельзя сказать, чтобы он не нуждался в деньгах. Одни только неоднократные в течение дня ежедневные деловые поездки на такси отнимали немалую часть зарплаты. Ездить общественным транспортом он не мог, так

как был болен острой формой астмы, которую приобрёл, работая с мутагенами вне лаборатории, будучи отлучённым от исследований в течение более 10-ти лет, начиная с 1948 года. Также тяжёлые ранения во время Великой Отечественной Войны давали о себе знать. Один из однополчан попросил Иосифа Абрамовича не раздавать Ленинскую премию и сохранить её для семьи, на что услышал ответ: «Уже раздал, но одному сотруднику не хватило и я добавил деньги из зарплаты». Семье Иосифа Абрамовича было тяжело также и материально. На работу, даже не по специальности, было устроиться почти невозможно. Временная работа длилась недолго, так как поступало очередное распоряжение об увольнении. Только после 1957-го года он смог продолжить исследования, будучи принятым на постоянную работу в Институт химической физики АН СССР по приглашению Н.Н. Семёнова. Интеллектуальные и душевные силы Иосифа Абрамовича были настолько велики, что крупные теоретические и практические результаты были достигнуты быстро, как бы наверстаны после длительного перерыва.

Основной причиной широкого и быстрого распространения метода химического мутагеназа является его высокая эффективность, во много раз превышающая эффективность дотолем известных неорганических веществ вызывающих мутации [17, 18, 19, 20, 21], в отношении, как их общей частоты, так и широты мутационных спектров. Преимущества химического мутагеназа относятся и к радиационному мутагенезу. На примере озимой пшеницы мы видим, что при правильном подборе трёх составляющих: супермутагена, его оптимальных доз и высокомутабельного исходного сорта общая частота мутаций на порядок выше по сравнению с опти-

мальными дозами редко ионизирующего излучения – гамма лучей [22, 23] и на порядок превышает разнообразие типов наследственных изменений по сравнению с оптимальными дозами плотно ионизирующей радиации – быстрыми нейтронами [24, 25].

В процессе дальнейшего многолетнего изучения метода химического мутагеназа, открываются новые его закономерности и особенности.

Сотрудники Иосифа Абрамовича Рапопорта и другие специалисты в области химического мутагеназа по возможности продолжают и развивают эти исследования.

Интересы Иосифа Абрамовича принадлежали не только науке. Будучи широко образованным высококультурным человеком, он увлекался литературой, театром, живописью, часто бывал на выставках и говорил, что это вдохновляет его на научные исследования.

Всё сказанное об Иосифе Абрамовиче Рапопорте, а также его военные подвиги и стойкая принципиальная гражданская позиция защитника науки генетика в борьбе с лысенковщиной снискали ему исключительно высокий авторитет не только среди специалистов, но и в народе, среди тех, кто его знал, слышал или читал о нём. Можно ещё многое сказать об этом необыкновенном уникальном человеке, его добропорядочности, храбрости на войне, принципиальности, чутком отношении к людям, высокой интеллигентности, а также о крупных открытиях в науке, и не только в области наследственной, но и модификационной, ненаследственной, изменчивости. Обо всём этом можно писать особо. В этом плане много сделала О.Г. Строева, опубликовав книги об Иосифе Абрамовиче и его методах [1, 26, 27, 28, 29, 30].

Литература

1. Рапопорт И.А. Микрогенетика. – М.: Наука, 1965.
2. Рапопорт И.А. Микрогенетика. – М., 2010. – 530 с.
3. Рапопорт И.А. Феногенетический анализ независимой и зависимой дифференцировки // Тр. Ин-та цитологии, гистологии и эмбриологии. – 1948. – Т. 2. Вып. 1. –135 с. // Онтогенез. –1992. – Т. 23. №3/6. Онтогенез. – 1993. – Т. 24. №1/2.
4. Рапопорт И.А. Молекулярный дипольный момент в химическом мутагенезе // Микрогенетика. – М.: Наука, 1965. – С. 67–94.
5. Строева О.Г. Механизм Химического мутагеназа в свете микрогенетической концепции И.А. Рапопорта // Индукований мутагенез в селекции растений. – Біла Церква, 2012. – С. 6–12.
6. Кожевникова Н.А., Рапопорт И.А., Иваницкая Е.А., Пудрина И.Д. Влияние пара-аминобензойной кислоты на активность дезоксирибонуклеазы интактного и облучённого препарата // Доклады АН СССР. – 1983. – Т. 273, №2. – С. 476–479.
7. Рапопорт И.А., Васильева С.В., Давниченко Л.С. Роль пара-аминобензойной кислоты в репарации повреждений, индуцированных УФ и гамма-излучениями // Доклады АН СССР. – 1979. – Т.247, №1. – С. 231–234.
8. Григорова Н.В. Антимитотический и защитный эффект пара-аминобензойной кислоты в опытах с химическими мутагенами на *Crepis capillaries* // Химический мутагенез и качество сельскохозяйственной продук-

- ции. – М.: Наука, 1983. – С. 262–267.
9. Эйгес Н.С. Влияние ПАБК на сорта озимой пшеницы в условиях производственного опыта // Химические мутагены и пара-аминобензойная кислота в повышении урожайности сельскохозяйственных растений. – М.: Наука, 1989. – С. 38–64.
 10. Эйгес Н.С. Изучение разных способов обработки ПАБК ярового ячменя в хозяйствах Ногинского района Московской области // Химические мутагены и пара-аминобензойная кислота в повышении урожайности сельскохозяйственных растений. – М.: Наука, 1989. – С. 99–123.
 11. Эйгес Н.С., Вайсфельд Л.И. Закономерности действия пара-аминобензойной кислоты на зерновые культуры // Химический мутагенез и задачи сельскохозяйственного производства. – М.: Наука, 1993. – С. 191–198.
 12. Акберова С.И., Мусаев П., Магомедов Н.М., Бабаев Х.Ф., Гахраманов Х.М., Строева О.Г. Пара-аминобензойная кислота как антиоксидант // Биоантиоксидант. Тезисы докладов. – М., 1998. – С. 103–104.
 13. Заключение Всесоюзного научно-исследовательского института гигиены и токсикологии пестицидов, полимерных материалов и пластических масс. – К., 1985.
 14. Шангин-Березовский Г.Н., Костин А.В. Развитие и резистентность крупного рогатого скота в зависимости от способа введения биологически активного соединения пара-аминобензойной кислоты // Сельскохозяйственная биология. Серия Биология животных. – 1992. – Т. 6. – С. 128–131.
 15. Свечин Ю.К., Михеева Н.Н. Влияние пара-аминобензойной кислоты на рост и мясные качества свиней // Зоотехния. – 1990. – №1. – С. 53–56.
 16. Рапопорт И.А. Карбонильные соединения и химический механизм мутаций // Доклады АН СССР. – 1946. – Т. 54. №1. – С. 65–68.
 17. Auerbach Ch., Robson I.M. Chemical Production of Mutations. // Letters to Editor Nature. – 1946. – Vol. 157. – P. 302.
 18. Сахаров В.В. Йод как химический фактор, действующий на мутационный процесс у *Drosophila melanogaster* // Биологический журнал. – 1932. – Т.1 (8), Вып. 3–4. – С. 1–8.
 19. Лобашёв М.Е., Смирнов Ф.А. К природе действия химических агентов на мутационный процесс. Сообщение 1. Действие уксусной кислоты на non – disjunction и трансгенации у *Drosophila melanogaster* // Доклады АН СССР. – 1934. – Т. 2(3), Вып. 5. – С. 307–311.
 20. Лобашёв М.Е., Смирнов Ф.А. К природе действия химических агентов на мутационный процесс. Сообщение 2. Действие аммиака на возникновение летальных трансгенаций // Доклады АН СССР. – 1934. – Т. 3(4), Вып. 3. – С. 174–178.
 21. Сахаров В.В. Специфичность действия мутационных факторов // Биологический журнал. – 1938. – Т. 7, №3.
 22. Эйгес Н.С., Валева С.А. Сравнительное изучение действия гамма-лучей и этиленимина // Радиобиология. – 1961. – Т. 1, №2. – С. 304–309.
 23. Эйгес Н.С. Мутагенный эффект этиленимина и гамма-лучей при действии на воздушно-сухие семена озимой пшеницы // Радиобиология. – 1964. – Т.4, Вып. 1. – С. 20–28.
 24. Khvostova V.V., Mozhaeva V.S., Aigaes N.S., Valeva S.A. Mutants, induced by ionising radiations and ethyleneimine in winter wheat // Mutation Research. – 1965. – Vol. 2. – P. 339–343.
 25. Сюй Чень-мань. Получение мутантов у озимой пшеницы под действием быстрых нейтронов // Радиобиология. – 1964. – №3.
 26. Иосиф Абрамович Рапопорт // Биобиблиография учёных. Сер. биол. Генетика. – М.: Наука. – 1993. – Вып. 6. – 91 с.
 27. И.А. Рапопорт // Избранные труды: Открытие химического мутагенеза. – М.: Наука, 1993. – 304 с.
 28. И.А. Рапопорт // Избранные труды: Гены. Эволюция. Селекция. – М.: Наука, 1995. – 249 с.
 29. И.А. Рапопорт – учёный, воин, гражданин: Очерки, воспоминания: Материалы. – М.: Наука, 2001. – 2-е изд. – 2003. – 335 с.
 30. Строева О.Г. Иосиф Абрамович Рапопорт 1912 – 1990. – М.: Наука., 2009. – 213 с.

AIGES N.S., VOLCHENKO G.A., VOLCHENKO S.G.

Emanuel Institute of Biochemical physics RAS

Russia, 119334, Moscow, Kosygina 4., e-mail: volchenkos@mail.ru

OUTSTANDING ROLE OF IOSIPH ABRAMOVICH RAPOPORT IN GENETICS XX CENTURY

Aims. It is to show the discovery of the method chemical mutagenesis by I.A. Rapoport. **Methods.** Method of I.A. Rapoport: the discovery of the key to found chemical mutagenes and modifiers. **Results.** By I.A. Rapoport it was found about 300 supermutagens and many modifiers which were utilized in various regions of biology and agriculture. **Conclusions.** I.A. Rapoport's phenomenon and method of chemical mutagenesis is the largest outstanding discovery of XX century.

Key words: Iosiph Abramovich Rapoport, phenomenon and method of chemical mutagenesis, modifiers.