

Библиотека Института общей генетики РАН  
Отдел Библиотеки по естественным наукам РАН



**Личность в генетике**  
**К 60-летию Института общей**  
**генетики им. Н.И. Вавилова РАН**

**Шевченко Владимир Андреевич**  
Виртуальная книжная выставка к 90-летию со дня рождения



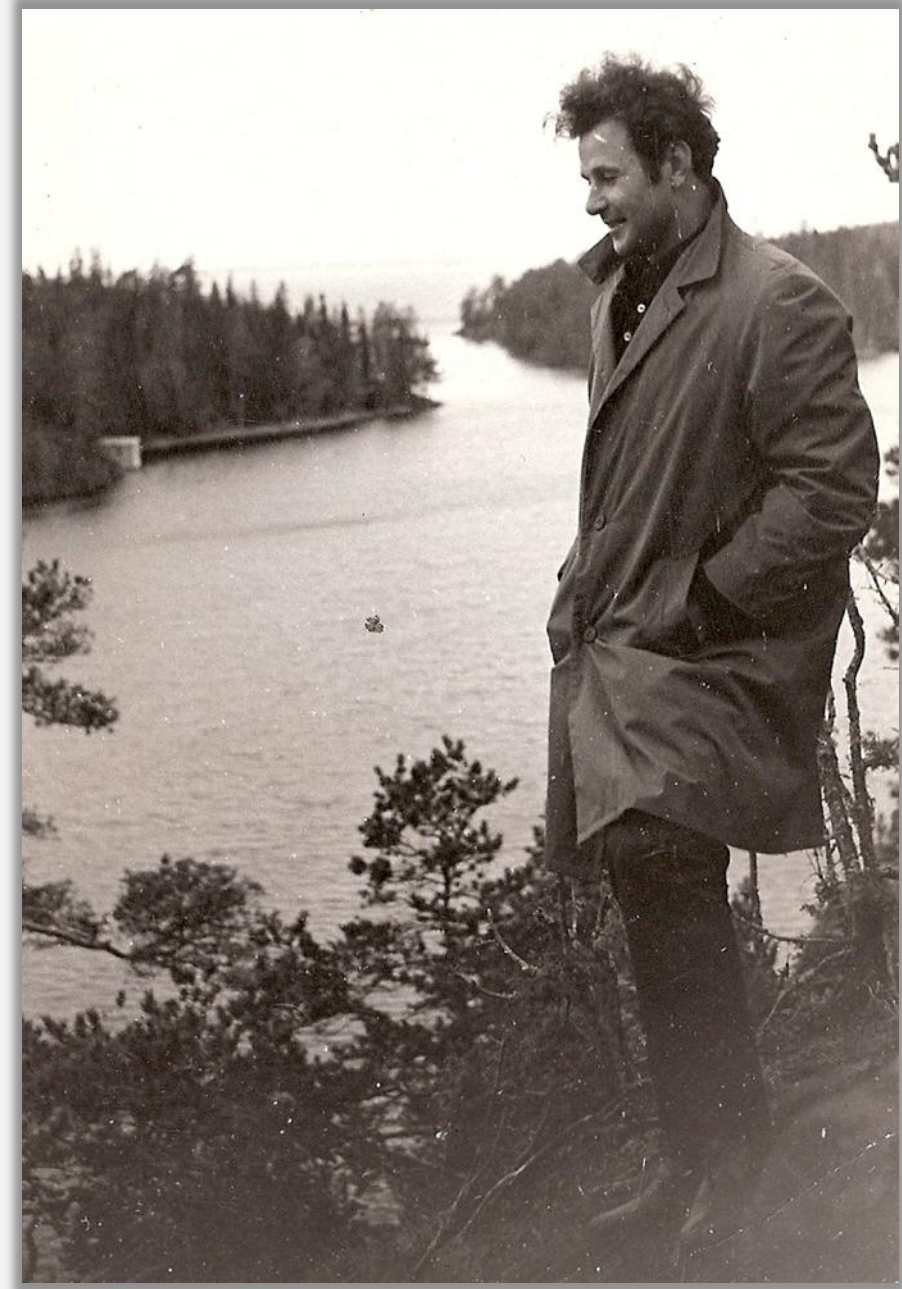
Владимир Андреевич Шевченко окончил Московскую сельскохозяйственную академию им. К.А. Тимирязева в 1960 году.

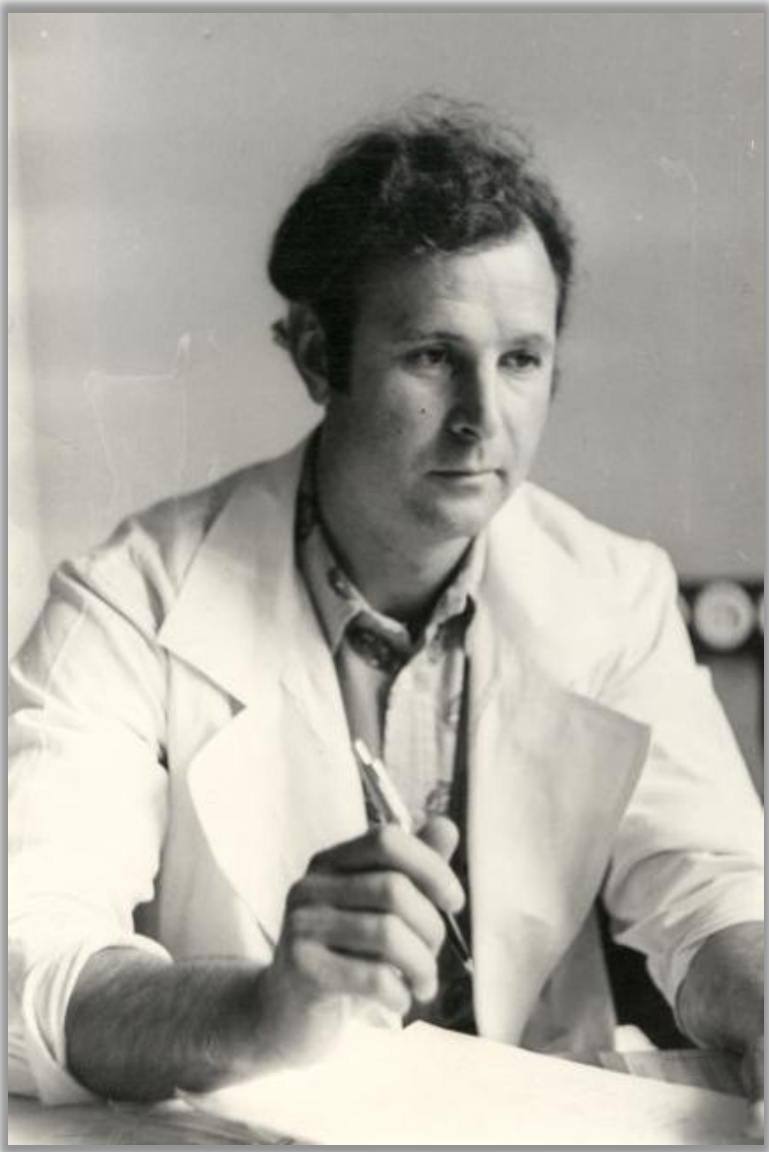
В этом же году он начал трудовую деятельность в лаборатории радиационной генетики Института биофизики АН СССР (академик Николай Петрович Дубинин).

С 1966 года и до последних дней своей жизни В.А. Шевченко работал в Институте общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН.

В 1966 году защитил кандидатскую диссертацию, а в 1974 году – диссертацию на соискание ученой степени доктора биологических наук.

В 1985 году В.А. Шевченко было присвоено ученое звание профессора по специальности «генетика».





С 1978 года В.А. Шевченко был бессменным руководителем лаборатории радиационной генетики Института общей генетики.

Профессор В.А. Шевченко был ведущим специалистом в области радиационной генетики, радиобиологии и радиоэкологии. Почти всю свою жизнь он посвятил исследованию флоры и фауны на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа, Семипалатинском полигоне, в Чернобыле и других регионах с радиоактивным загрязнением окружающей среды.





Им открыто явление радиоадаптации популяций, дан анализ микроэволюционных процессов, протекающих в облучаемых популяциях растений и животных в ряде поколений, проведено исследование дозовых зависимостей генетических эффектов при воздействии различных радионуклидов.

Проведенные Владимиром Андреевичем исследования генетических последствий аварийных и чрезвычайных ситуаций являются крупным вкладом в современную радиационную генетику.





За участие в работе по ликвидации последствий Чернобыльской катастрофы В.А. Шевченко был награжден орденом Трудового Красного Знамени.

Шевченко многие годы занимался изучением влияния факторов космического полета на различные организмы. Им селектированы высокопродуктивные штаммы одноклеточных водорослей хлореллы для систем регенерации воздуха в космических кораблях при длительных полетах.

Кроме того, В. А. Шевченко известен своими исследованиями в области экологии водных экосистем.

Профессор В.А. Шевченко был прекрасным организатором и популяризатором науки. Он является автором 420 научных публикаций, 7 монографий, 8 патентов в области радиационной генетики и радиоэкологии.

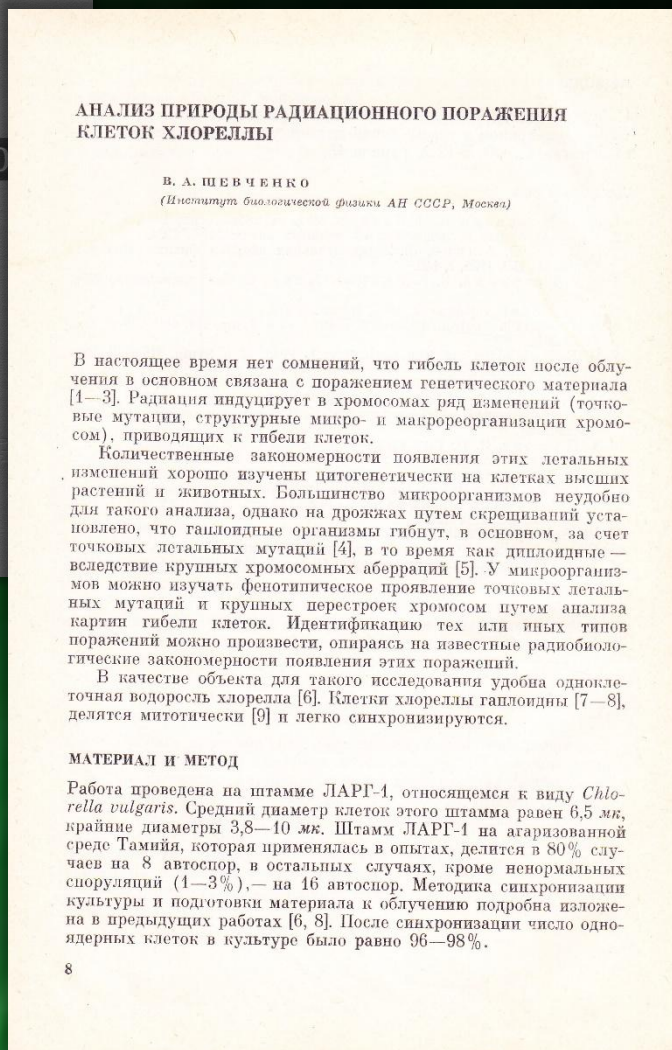
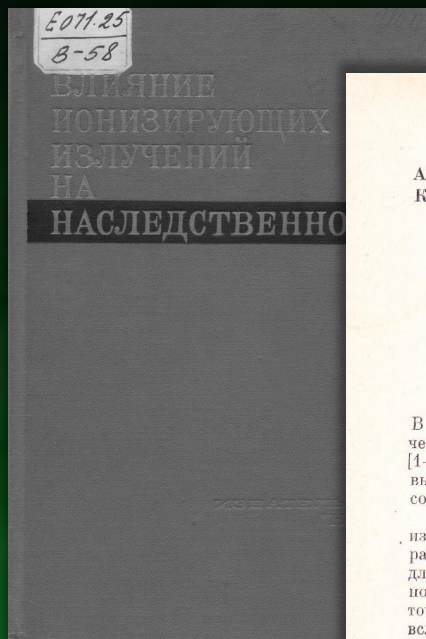


Шевченко является создателем научной школы в области радиационной генетики. Под его руководством 26 человек защитили кандидатские диссертации.

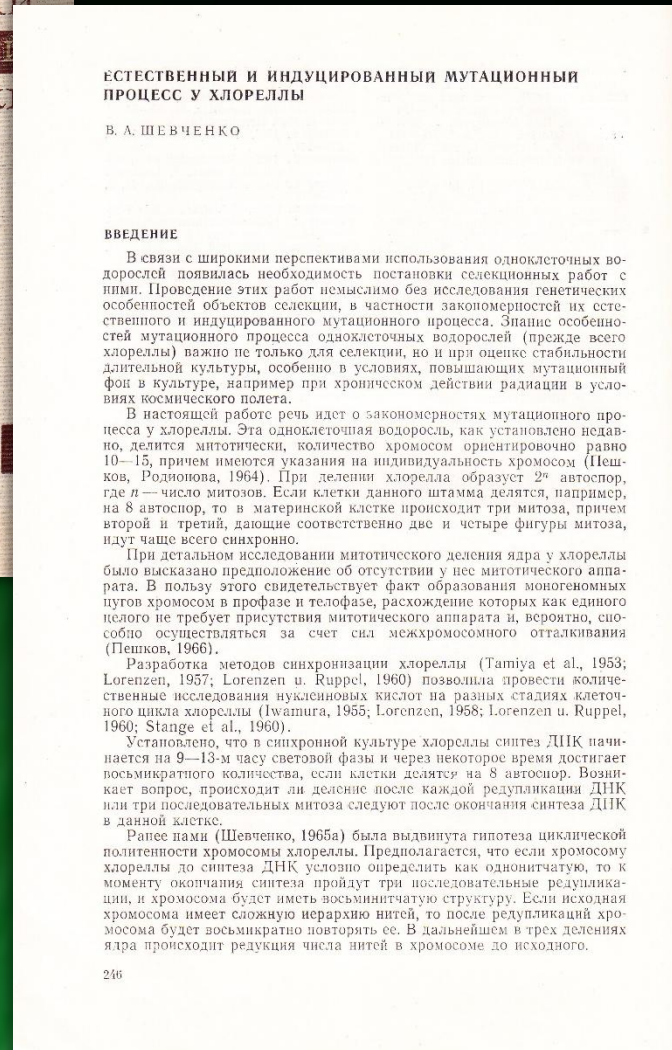
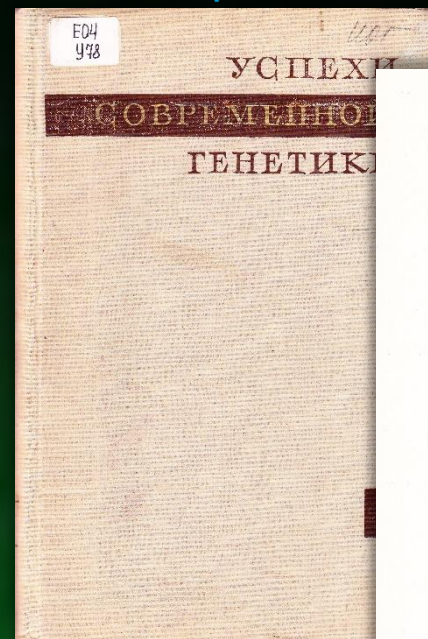
Научные труды Владимира Андреевича высоко оценены отечественным и международным биологическим сообществом. За выдающиеся достижения в области радиационной генетики он был награжден в 2003 году именной медалью им. Н.В. Тимофеева-Ресовского.

Шевченко был заслуженным деятелем науки РФ, являлся Президентом радиобиологического общества России, членом Ядерного общества России, председателем секции радиационной генетики Научного Совета РАН по проблемам радиобиологии, председателем секции генетики МОИП, членом Международного союза радиоэкологов (Бельгия), членом президиума Международного союза экоэтики (Германия), многие годы входил в состав редколлегии журнала «Радиобиология. Радиоэкология».

Шевченко, В.А. Анализ природы радиационного поражения клеток хлореллы / В.А. Шевченко // Влияние ионизирующих излучений на наследственность / АН СССР, Научный совет "Радиобиология"; ответственный редактор академик Н. П. Дубинин. — Москва : Наука, 1966. — С. 8-15. <https://koha.benran.ru/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=2263268>



Шевченко, В.А. Естественный и индуцированный мутационный процесс у хлореллы / В.А. Шевченко // Успехи современной генетики. Вып.1. — Москва: Наука, 1967. - С.246-278. <https://koha.benran.ru/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=1786198>



Шевченко В.А. О генетических последствиях действия радиации на популяции / В.А. Шевченко, Б.В. Шиленко // Современные проблемы радиационной генетики / Ред. Н.П. Дубинин. – Москва: Атомиздат, 1969. – С. 329-349.

Изучение мутационного процесса в популяциях одноклеточных водорослей *Chlorella* и *Chlamydomonas* при остром и хроническом облучении ионизирующими излучениями / Шевченко В.А. и др. // Генетика. - 1969. – Т. 5; №9. - С.61-73.  
<https://viewer.benran.ru/ru/beno1000389332?page=62&rotate=0&theme>



## XII. О ГЕНЕТИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЯХ ДЕЙСТВИЯ РАДИАЦИИ НА ПОПУЛЯЦИИ

Действие радиации необходимо исследовать на генетическом, онтогенетическом, эволюционном и биохимическом уровнях изучения жизни на земле [1]. В то время как фронт работ по изучению радиационного поражения генетического материала достаточно широк, данных относительно действия повышенного фона радиации на популяции и биоценозы слишком мало, а именно на этих уровнях следует ожидать наиболее существенных последствий действия на живые организмы малых доз хронического облучения.

При рассмотрении эффектов действия радиации на живые организмы в природных условиях необходимо учитывать, что субъектом эволюционного процесса является не особь, а популяция. Генетические свойства популяции неизмеримо превосходят наследственные потенции отдельных особей. Менделевская популяция представляет собой определенный уровень органической интеграции, который преобразуется под действием естественного отбора на базе собственных закономерностей [2].

Истоки генетики популяций восходят к 1908 г., когда появились работы Гарди, а затем Вейнберга в отношении популяций со свободным скрещиванием. Ими обоснован принцип, по которому всякая свободно скрещивающаяся популяция по ее генетической структуре подчиняется менделевским законам наследственности. Гарди и Вейнберг сформулировали тезис, гласящий, что в отсутствие факторов, которые могли бы изменять данные соотношения аллелей и при этом эта относительная частота каждого аллеля сохраняется постоянной от поколения к поколению.

Основные принципы генетики популяций и их роль для анализа проблем эволюции вскрыты в работе С. С. Четверикова «О некоторых моментах эволюционного процесса с точки зрения современной генетики» [3]. В этой работе



ГЕНЕТИКА  
Том V, № 9, 1969  
Сентябрь

УДК 575.24

## ИЗУЧЕНИЕ МУТАЦИОННОГО ПРОЦЕССА В ПОПУЛЯЦИЯХ ОДНОКЛЕТОЧНЫХ ВОДОРОСЛЕЙ *CHLORELLA* И *CHLAMYDOMONAS* ПРИ ОСТРОМ И ХРОНИЧЕСКОМ ОБЛУЧЕНИИ ИОНИЗИРУЮЩИМИ ИЗЛУЧЕНИЯМИ

В. А. ШЕВЧЕНКО, В. П. ВИЗГИН, А. Я. АЛЕКСЕЕВ,  
И. Г. КОГАН, Д. Р. ПЯТЫШЕВ, Н. П. РОГАТЫХ

Институт общей генетики АН СССР, Москва

### ВВЕДЕНИЕ

Исследование естественного и индуцированного мутационного процесса на модельных популяциях позволяет предвидеть результаты длительного воздействия различных мутагенных факторов и, прежде всего, ионизирующих излучений на генофонд популяций в естественных условиях, определить направление и скорость отбора в этих условиях. В случае природных популяций исследователь имеет дело с совокупностью огромного количества мутаций, постоянно возникающих и поддерживающихся селекцией. При этом каждая мутация обладает своей, присущей только ей адаптивной ценностью, своими параметрами скорости роста и элиминации. Чтобы подойти к анализу мутационного процесса в естественных популяциях, необходимо в модельных экспериментах последовательно абстрагироваться от отдельных факторов, существенных для динамики мутантных особей в природных популяциях, и рассмотреть первоначально более простые случаи. При этом нужно, чтобы характер изучаемого мутационного процесса соответствовал таковому в природных популяциях. Выбранные нами объекты — одноклеточные водоросли хлорелла и хламидомонада — вполне удовлетворяют этим требованиям. На минеральных средах, т. е. в тех условиях питания, которые чаще всего имеются в природе, мы можем выявить широкий спектр видимых мутаций одноклеточных водорослей, характерный для природных популяций. Быстрая смена поколений у одноклеточных водорослей позволяет в течение 1–2 месяцев получить 30–40 поколений и таким образом проследить динамику мутационного процесса после однократного облучения или при действии хронического облучения от момента воздействия до периода стабилизации популяции. При решении такой задачи на популяциях дрожофилы обычно требуются 2–3 года, причем чаще всего анализируется только незначительная часть возникающих мутаций (рецессивные видимые и летальные мутации в отдельных хромосомах).

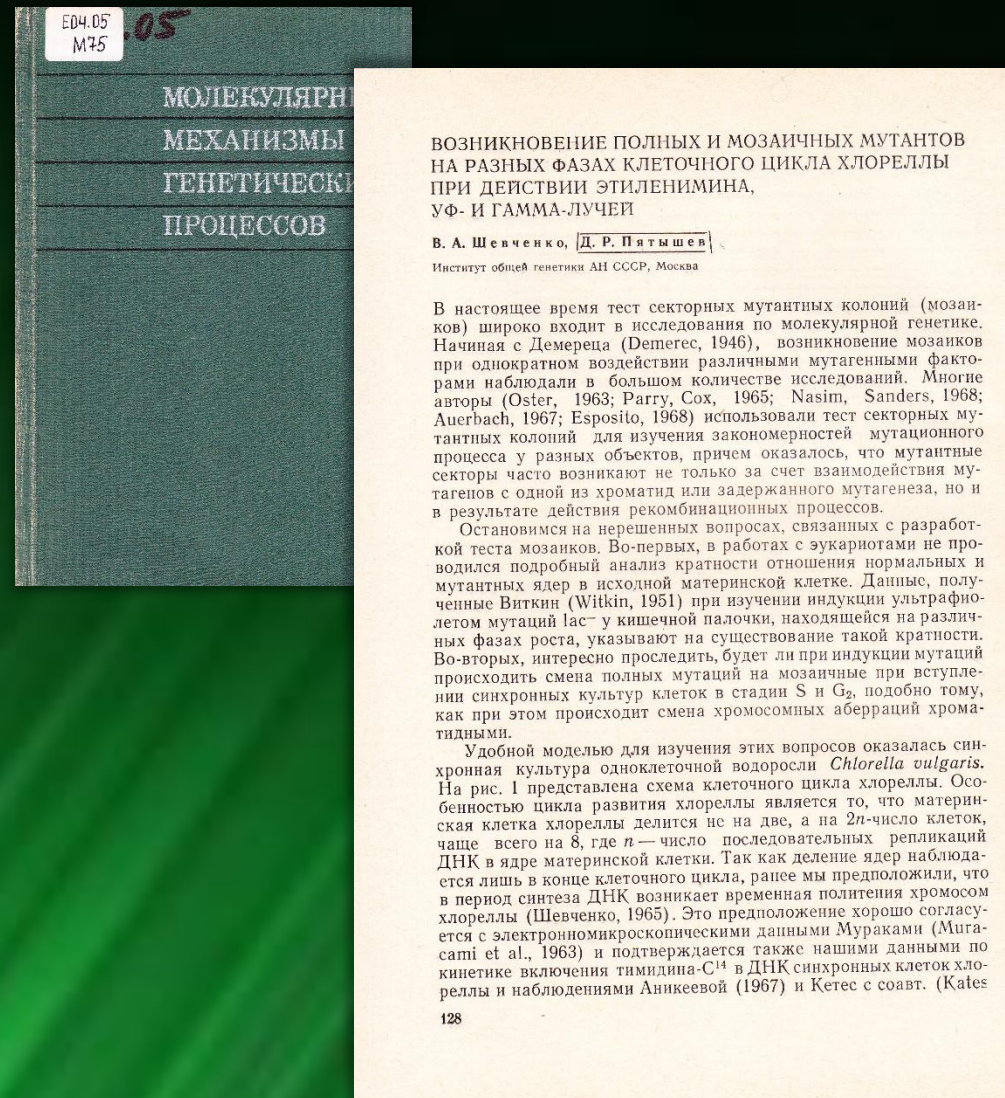
Имеющиеся в литературе данные по действию ионизирующих излучений на популяции получены в основном на дрожофиле. В первых работах по генетике облученных ионизирующими излучениями популяций, выполненных Уоллесом [1–4], и в целом ряде последующих исследований [5–9] было показано, что под действием ионизирующих излучений в

Шевченко, В.А. О генетической адаптации популяций хлореллы к хроническому воздействию ионизирующей радиации / В.А. Шевченко // Генетика. - 1970. — Т. 6; №8. - С.64-73.

<https://viewer.benran.ru/ru/beno1000389320?page=65&rotate=0&theme=white>

Шевченко, В.А. Возникновение полных мозаичных мутантов на разных фазах клеточного цикла хлореллы при действии этиленimina, УФ- и гамма-лучей / В.А. Шевченко, Д.Р. Пятыхев // Молекулярные механизмы генетических процессов : Сб. ст. / Дубинин Н.П., Гольдфарб Д.М. (Отв. ред.). — Москва : Наука, 1972. — С. 128-134.

<https://koha.benran.ru/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=1762424>



## ВОЗНИКНОВЕНИЕ ПОЛНЫХ И МОЗАИЧНЫХ МУТАНТОВ НА РАЗНЫХ ФАЗАХ КЛЕТОЧНОГО ЦИКЛА ХЛОРЕЛЛЫ ПРИ ДЕЙСТВИИ ЭТИЛЕНИМИНА, УФ- И ГАММА-ЛУЧЕЙ

В. А. Шевченко, Д. Р. Пятыхев  
Институт общей генетики АН СССР, Москва

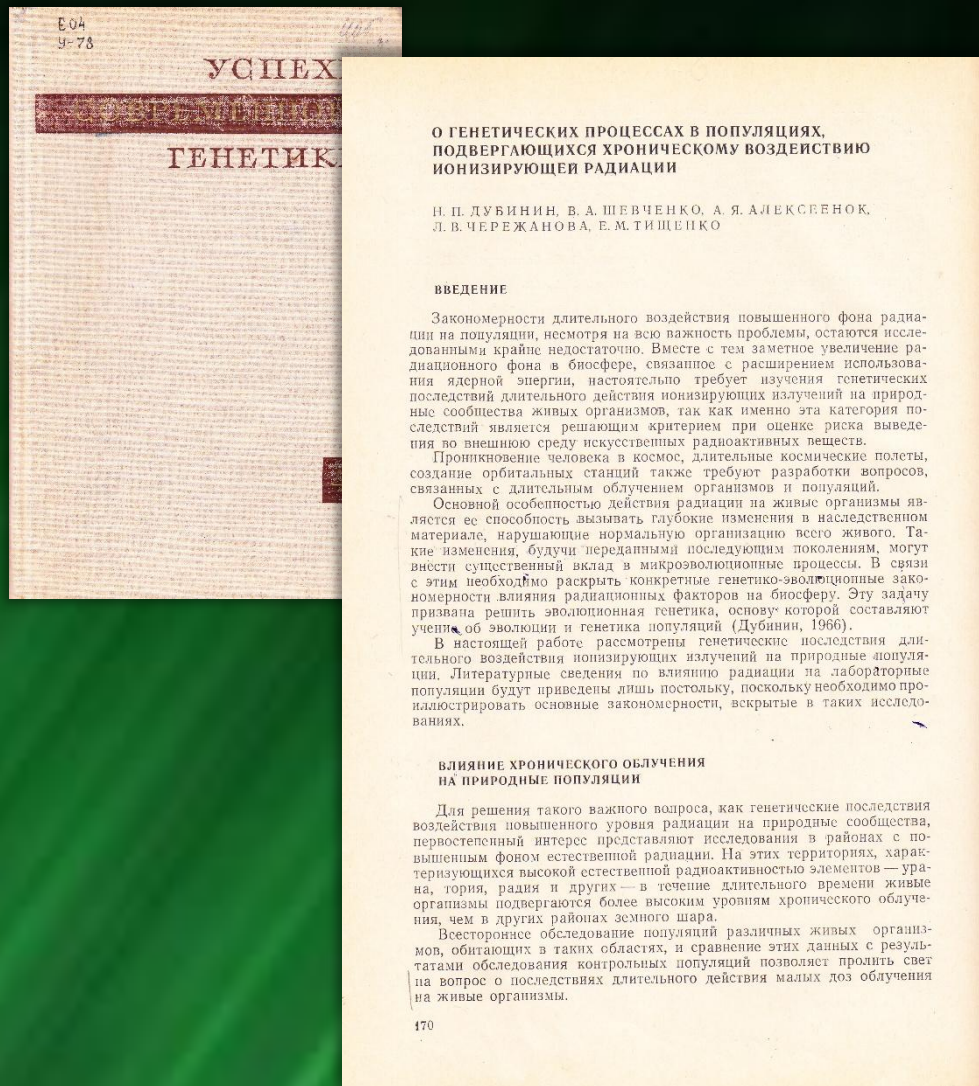
В настоящее время тест секторных мутантных колоний (мозаик) широко входит в исследования по молекулярной генетике. Начиная с Демерца (Demerec, 1946), возникновение мозаиков при однократном воздействии различными мутагенными факторами наблюдали в большом количестве исследований. Многие авторы (Oster, 1963; Parry, Cox, 1965; Nasim, Sanders, 1968; Auerbach, 1967; Esposito, 1968) использовали тест секторных мутантных колоний для изучения закономерностей мутационного процесса у разных объектов, причем оказалось, что мутантные секторы часто возникают не только за счет взаимодействия мутагенов с одной из хроматид или задержанного мутагенеза, но и в результате действия рекомбинационных процессов.

Остановимся на нерешенных вопросах, связанных с разработкой теста мозаиков. Во-первых, в работах с эукариотами не проводился подробный анализ кратности отношения нормальных и мутантных ядер в исходной материнской клетке. Данные, полученные Виткиным (Witkin, 1951) при изучении индукции ультрафиолетом мутаций *lac*<sup>-</sup> у кишечной палочки, находящейся на различных фазах роста, указывают на существование такой кратности. Во-вторых, интересно проследить, будет ли при индукции мутаций происходить смена полных мутаций на мозаичные при вступлении синхронных культур клеток в стадии S и G<sub>2</sub>, подобно тому, как при этом происходит смена хромосомных aberrаций хроматидными.

Удобной моделью для изучения этих вопросов оказалась синхронная культура одноклеточной водоросли *Chlorella vulgaris*. На рис. 1 представлена схема клеточного цикла хлореллы. Особенностью цикла развития хлореллы является то, что материнская клетка хлореллы делится не на две, а на 2n-число клеток, чаще всего на 8, где n — число последовательных репликаций ДНК в ядре материнской клетки. Так как деление ядер наблюдается лишь в конце клеточного цикла, ранее мы предположили, что в период синтеза ДНК возникает временная полипloidия хромосом хлореллы (Шевченко, 1965). Это предположение хорошо согласуется с электронномикроскопическими данными Мураками (Murakami et al., 1963) и подтверждается также нашими данными по кинетике включения тимидина-С<sup>14</sup> в ДНК синхронных клеток хлореллы и наблюдениями Аникеевой (1967) и Кетес с соавт. (Kates

О генетических процессах в популяциях, подвергающихся хроническому воздействию ионизирующей радиации / Дубинин Н.П., Шевченко В.А., Алексеенко А.Я. и др. // Успехи современной генетики. Выпуск 4. – Москва: Наука, 1972. - С. 170-205.

<https://koha.benran.ru/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=1786195>



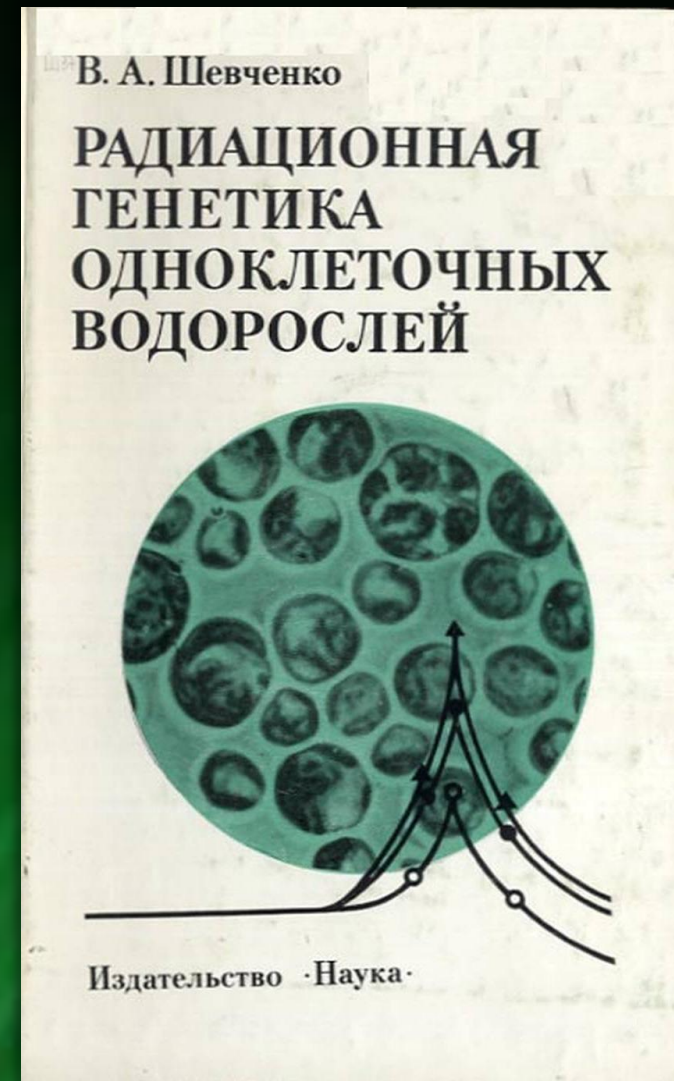
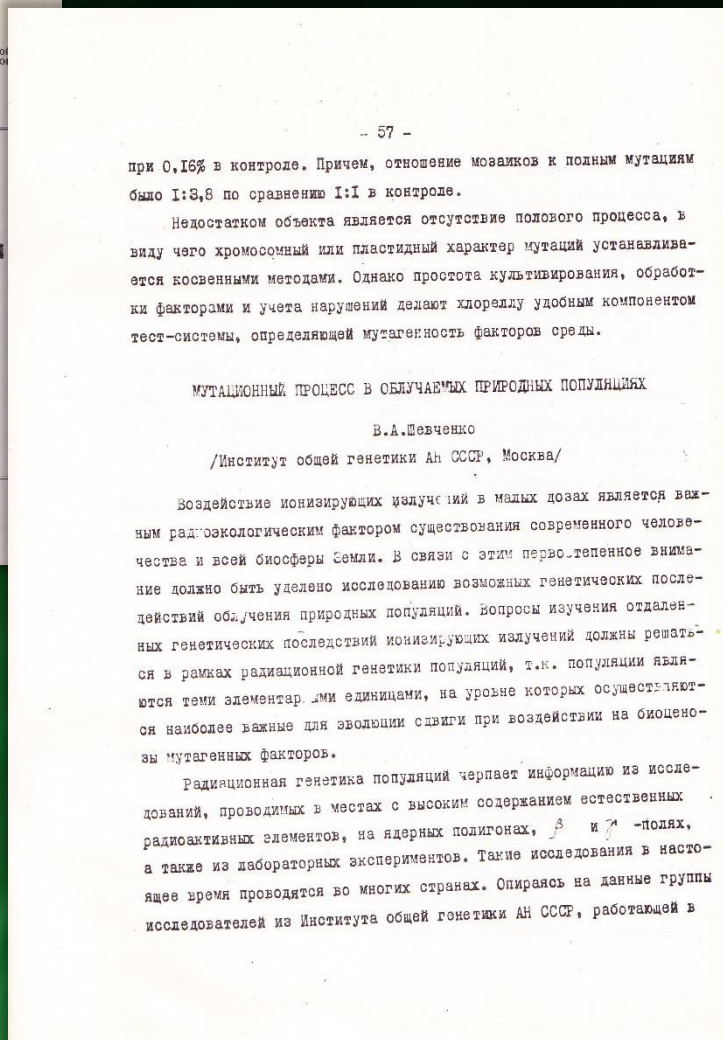
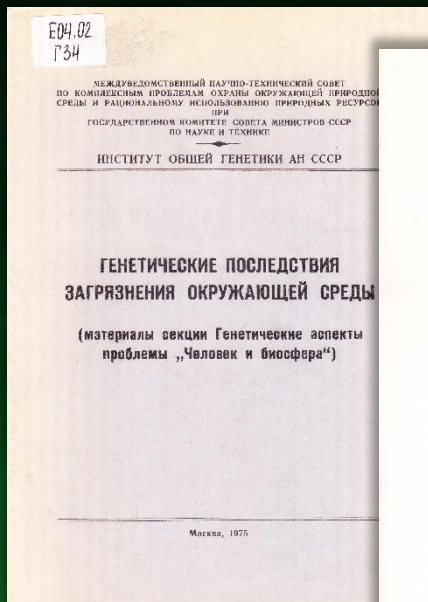
Изучение генетических эффектов, индуцируемых в популяциях радиоактивными продуктами ядерного деления  $U_{235}$ . Сообщение 1. Мутационный процесс в популяциях *Chlorella vulgaris* при длительном воздействии продуктов ядерного деления  $U_{235}$  / Шевченко В.А. и др. // Генетика. - 1974. - Т.10, №2. - С.108-114.

<https://viewer.benran.ru/ru/beno1000389274?page=113&rotate=0&theme=white>

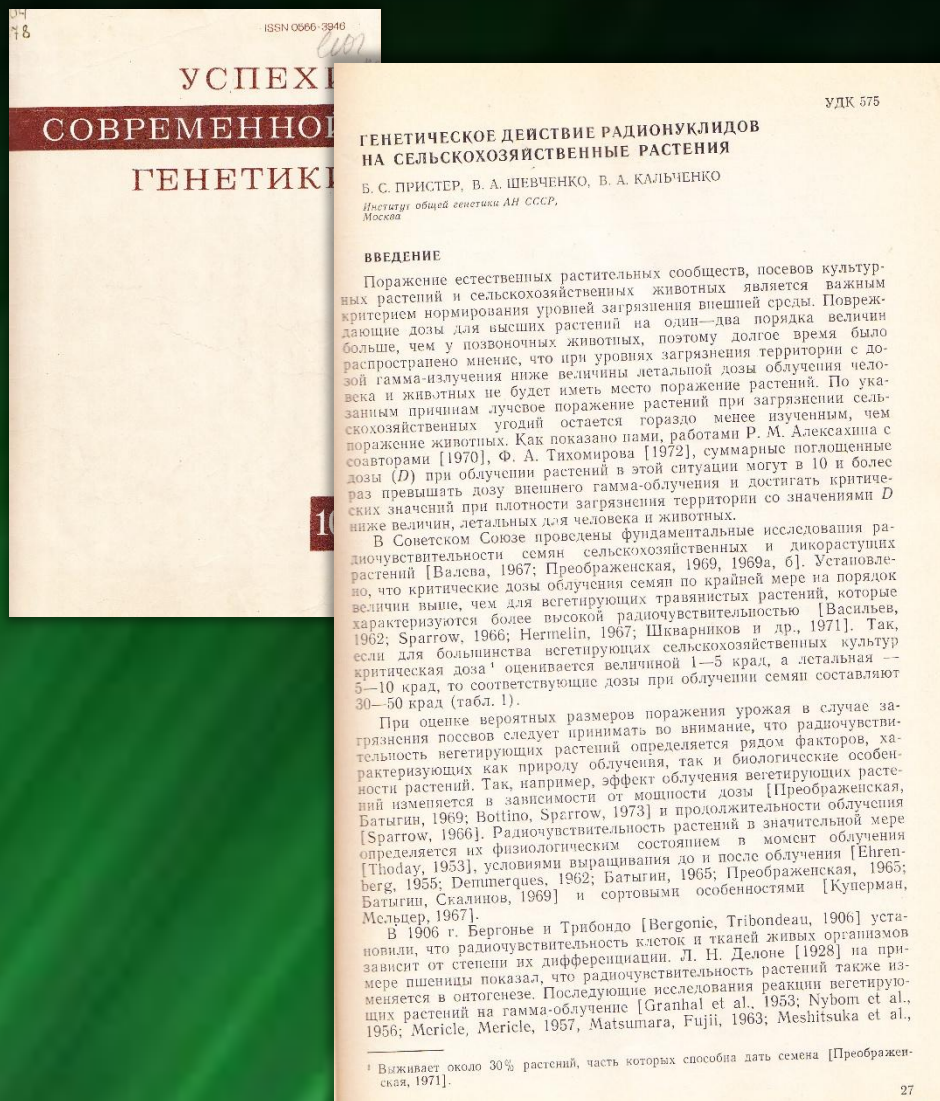


Шевченко, В.А. Мутационный процесс в облучаемых природных популяциях / В.А. Шевченко // Генетические последствия загрязнения окружающей среды: Материалы секции Генетические аспекты проблемы «Человек и биосфера» — Москва : Ин-т общей генетики, 1975. — С. 57-60. <https://koha.benran.ru/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=1746126>

Шевченко, В.А. Радиационная генетика одноклеточных водорослей : (Исследования на хлорелле) / В.А. Шевченко. — Москва: Наука, 1979. — 256 с. : ил. <https://koha.benran.ru/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=1964582>



Пристер Б.С. Генетическое действие радионуклидов на сельскохозяйственные растения / Пристер Б.С., Шевченко В.А., Кальченко В.А. // Успехи современной генетики. Вып.10. - Москва: Наука, 1982. - С.27-69. <https://koha.benran.ru/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=1786189>

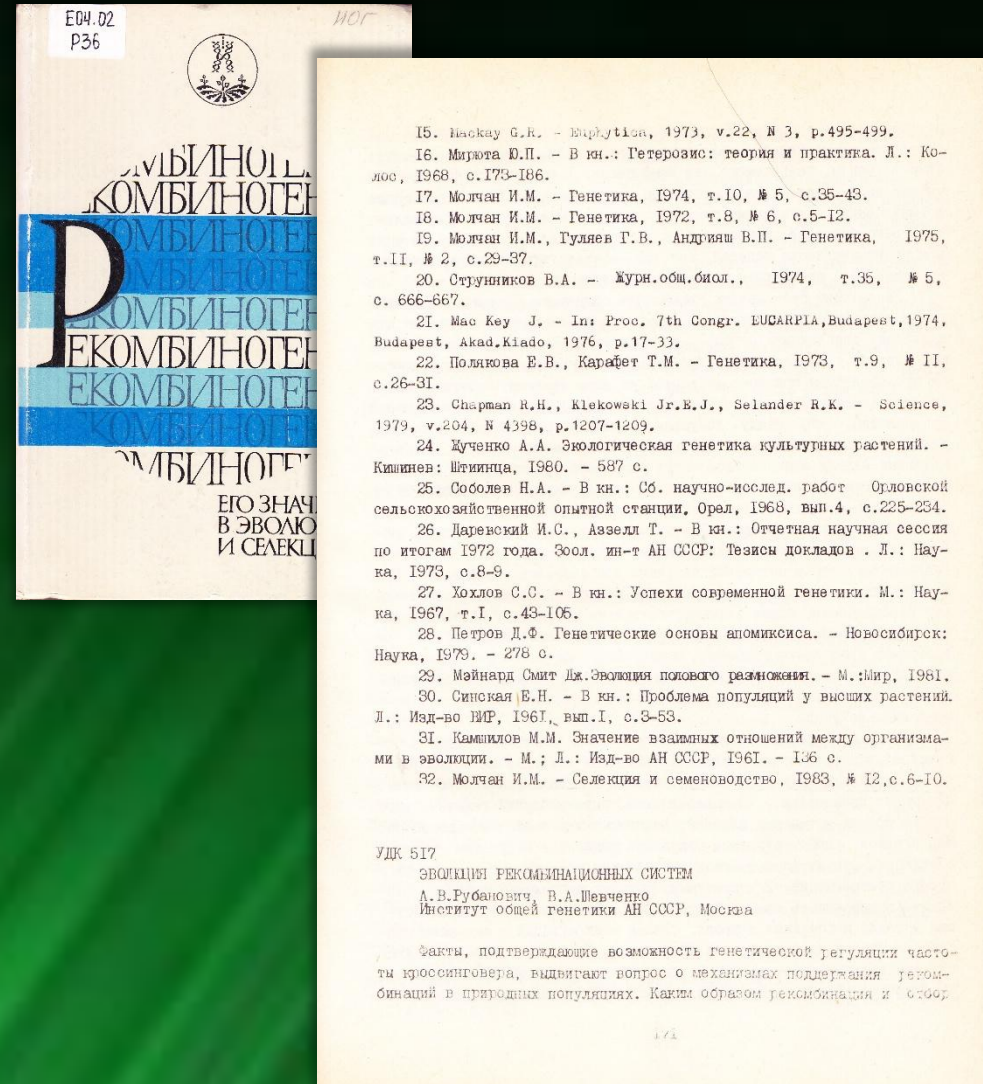


Шевченко, В.А. Генетические последствия действия ионизирующих излучений / В.А. Шевченко, М.Д. Померанцева. — Москва: Наука, 1985. — 279 с. : ил. <https://koha.benran.ru/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=1963535>



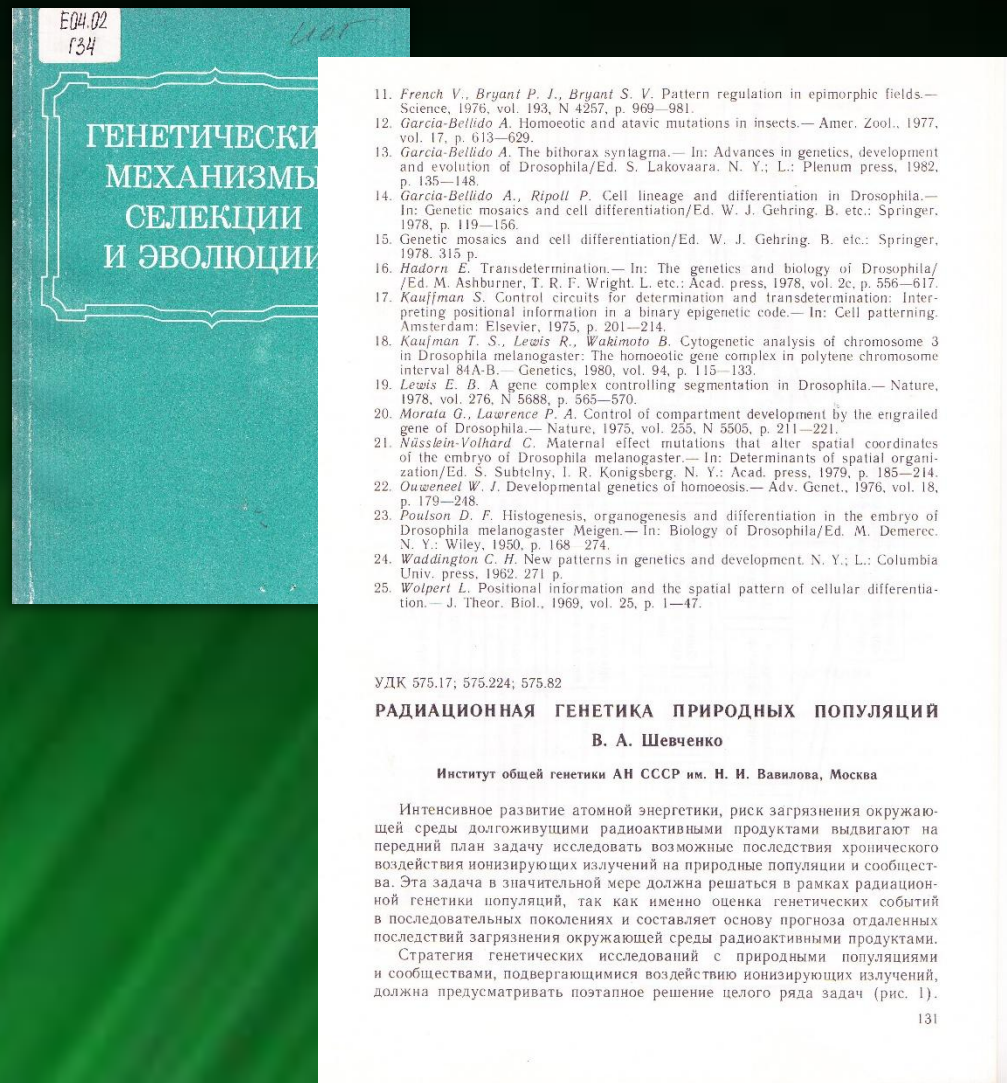
Анализ хромосомных перестроек на основе синаптомемных комплексов у потомков мышей, облученных  $\gamma$ -лучами / Е.И. Каликинская, Ю.Ф. Богданов, О.Л. Коломиец, В.А. Шевченко // Генетика. – 1986. – Т. 22; № 7. – С. 1119-1126.  
<https://viewer.benran.ru/ru/beno1000389113?page=68&rotate=0&theme=white>

Рубанович А.В. Эволюция рекомбинационных систем / А.В. Рубанович, В.А. Шевченко // Рекомбиногенез : Его значение в эволюции и селекции : Материалы всесоюз. конф., Кишинев, 22-24 окт. 1985 г. — Кишинев : Штиинца, 1986. — С. 171-173.  
<https://koha.benran.ru/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=1968173>



Сергеева С.А. Репарация у одноклеточных зеленых водорослей при хроническом действии мутагенных факторов. Сообщение II. Изучение восстановления однонитевых разрывов ДНК после гамма-облучения у *Chlamydomonas reinhardtii* / Сергеева С.А., Птицына С.Н., Шевченко В.А. // Генетика. – 1986. – Т. 22; № 6. – С. 951-956.  
<https://viewer.benran.ru/ru/beno1000389114?page=56&rotate=0&theme=white>

Шевченко, В.А. Радиационная генетика природных популяций / В.А. Шевченко // Генетические механизмы селекции и эволюции: Сб. докл. Сахаров. чтений (1970-1983 гг.) / АН СССР. Моск. о-во испытателей природы, Отв. ред. В.А. Шевченко. — Москва: Наука, 1986. — С. 131-141. <https://koha.benran.ru/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=1967697>



11. French V., Bryant P. J., Bryant S. V. Pattern regulation in epimorphic fields.— Science, 1976, vol. 193, N 4257, p. 969—981.
12. Garcia-Bellido A. Homoeotic and atavic mutations in insects.— Amer. Zool., 1977, vol. 17, p. 613—629.
13. Garcia-Bellido A. The bithorax syntagma.— In: Advances in genetics, development and evolution of Drosophila/Ed. S. Lakovaara. N. Y.; L.: Plenum press, 1982, p. 135—148.
14. Garcia-Bellido A., Ripoll P. Cell lineage and differentiation in Drosophila.— In: Genetic mosaics and cell differentiation/Ed. W. J. Gehring. B. etc.: Springer, 1978, p. 119—156.
15. Genetic mosaics and cell differentiation/Ed. W. J. Gehring. B. etc.: Springer, 1978. 315 p.
16. Hadorn E. Transdetermination.— In: The genetics and biology of Drosophila /Ed. M. Ashburner, T. R. F. Wright, L. etc.: Acad. press, 1978, vol. 2c, p. 556—617.
17. Kaufman S. Control circuits for determination and transdetermination: Interpreting positional information in a binary epigenetic code.— In: Cell patterning. Amsterdam: Elsevier, 1975, p. 201—214.
18. Kaufman T. S., Lewis R., Wakimoto B. Cytogenetic analysis of chromosome 3 in Drosophila melanogaster: The homoeotic gene complex in polytene chromosome interval 84A-B.— Genetics, 1980, vol. 94, p. 115—133.
19. Lewis E. B. A gene complex controlling segmentation in Drosophila.— Nature, 1978, vol. 276, N 5688, p. 565—570.
20. Morata G., Lawrence P. A. Control of compartment development by the engrailed gene of Drosophila.— Nature, 1975, vol. 255, N 5505, p. 211—221.
21. Nüsslein-Volhard C. Maternal effect mutations that alter spatial coordinates of the embryo of Drosophila melanogaster.— In: Determinants of spatial organization/Ed. S. Subtelny, I. R. Konigsberg. N. Y.: Acad. press, 1979, p. 185—214.
22. Ouweneel W. J. Developmental genetics of homeosis.— Adv. Genet., 1976, vol. 18, p. 179—248.
23. Poulson D. F. Histogenesis, organogenesis and differentiation in the embryo of Drosophila melanogaster Meigen.— In: Biology of Drosophila/Ed. M. Demerec. N. Y.: Wiley, 1950, p. 168—274.
24. Waddington C. H. New patterns in genetics and development. N. Y.; L.: Columbia Univ. press, 1962. 271 p.
25. Wolpert L. Positional information and the spatial pattern of cellular differentiation.— J. Theor. Biol., 1969, vol. 25, p. 1—47.

УДК 575.17; 575.224; 575.82

**РАДИАЦИОННАЯ ГЕНЕТИКА ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ**

**В. А. Шевченко**

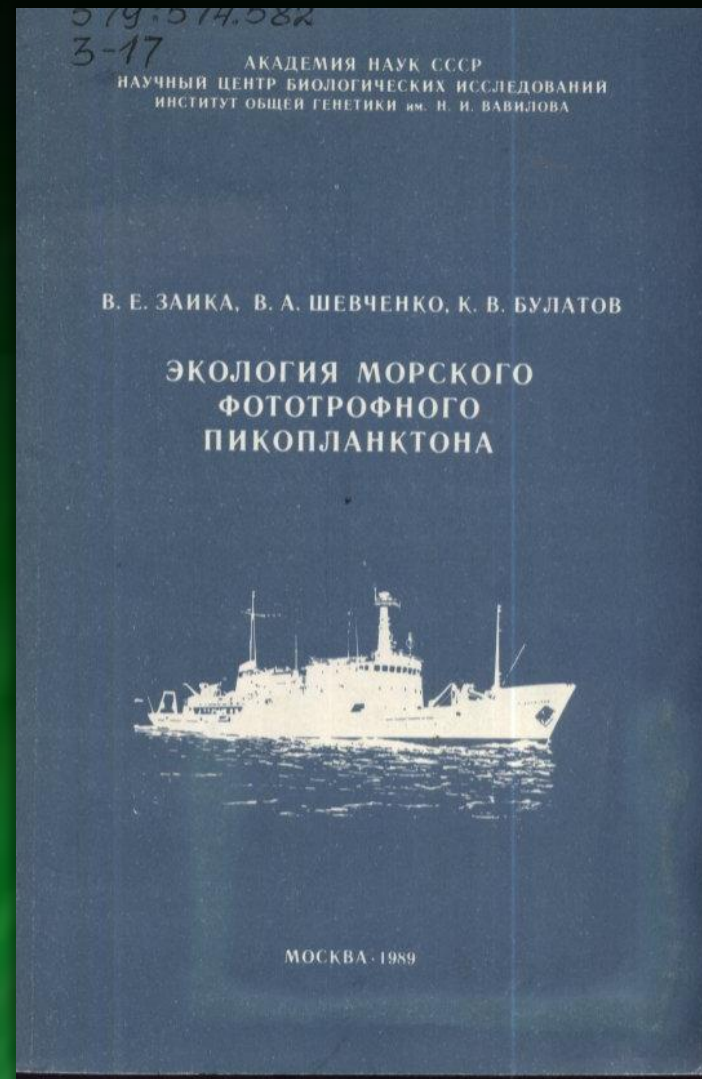
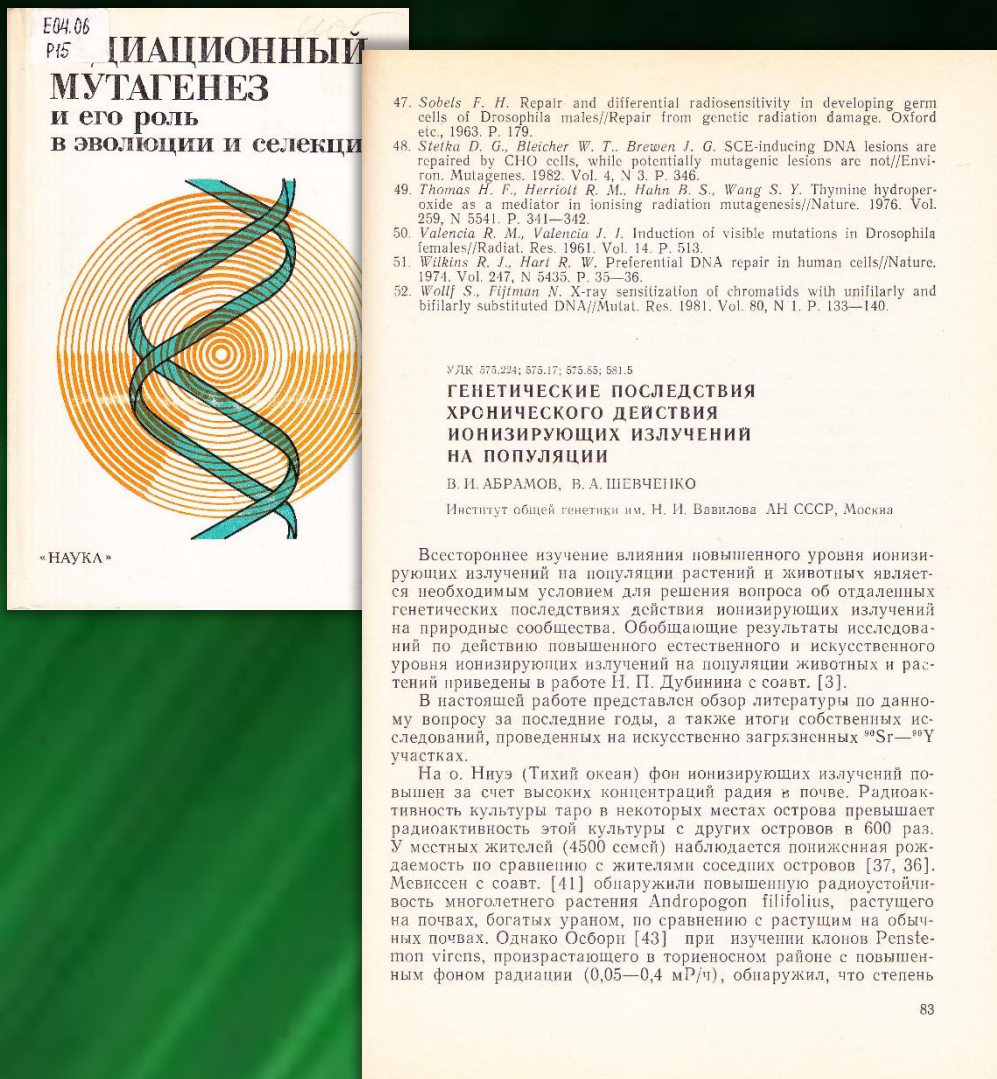
Институт общей генетики АН СССР им. Н. И. Вавилова, Москва

Интенсивное развитие атомной энергетики, риск загрязнения окружающей среды долгоживущими радиоактивными продуктами выдвигают на передний план задачу исследовать возможные последствия хронического воздействия ионизирующих излучений на природные популяции и сообщества. Эта задача в значительной мере должна решаться в рамках радиационной генетики популяций, так как именно оценка генетических событий в последовательных поколениях и составляет основу прогноза отдаленных последствий загрязнения окружающей среды радиоактивными продуктами.

Стратегия генетических исследований с природными популяциями и сообществами, подвергающимися воздействию ионизирующих излучений, должна предусматривать поэтапное решение целого ряда задач (рис. 1).

Абрамов, В.И. Генетические последствия хронического действия ионизирующих излучений на популяции / В.И. Абрамов, В.А. Шевченко // Радиационный мутагенез и его роль в эволюции и селекции : Сб. ст. / АН СССР. Ин-т общ. генетики им. Н.И. Вавилова, Отв. ред. В.А. Шевченко. — Москва: Наука, 1987. — С. 83-109. <https://koha.benran.ru/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=1997176>

Заика, В.Е. Экология морского фототрофного пикопланктона / В.Е. Заика, В.А. Шевченко, К.В. Булатов, АН СССР. Науч. центр биол. исслед. Ин-т общ. генетики им. Н.И. Вавилова. — Москва, 1989. — 169 с. : ил. [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_29340881\\_22611977.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_29340881_22611977.pdf)



Оценка генетических последствий поступления  $^{238}\text{Pu}$  в организм млекопитающих / М.Д. Померанцева, Л.К. Рамайя, В.А. Шевченко и др. // Генетика. – 1988. – Т. 24; № 4. – С. 671-681.  
<https://viewer.benran.ru/ru/beno1000389090?page=96&rotate=0&theme=white>



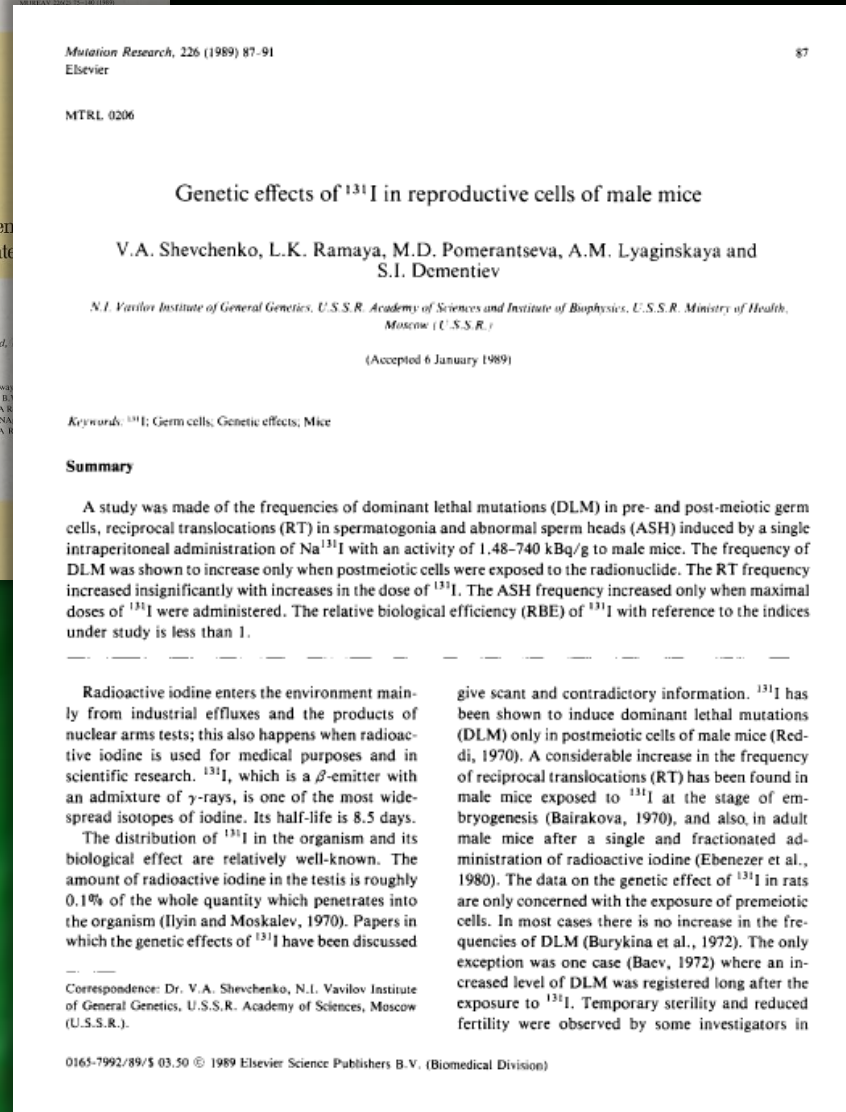
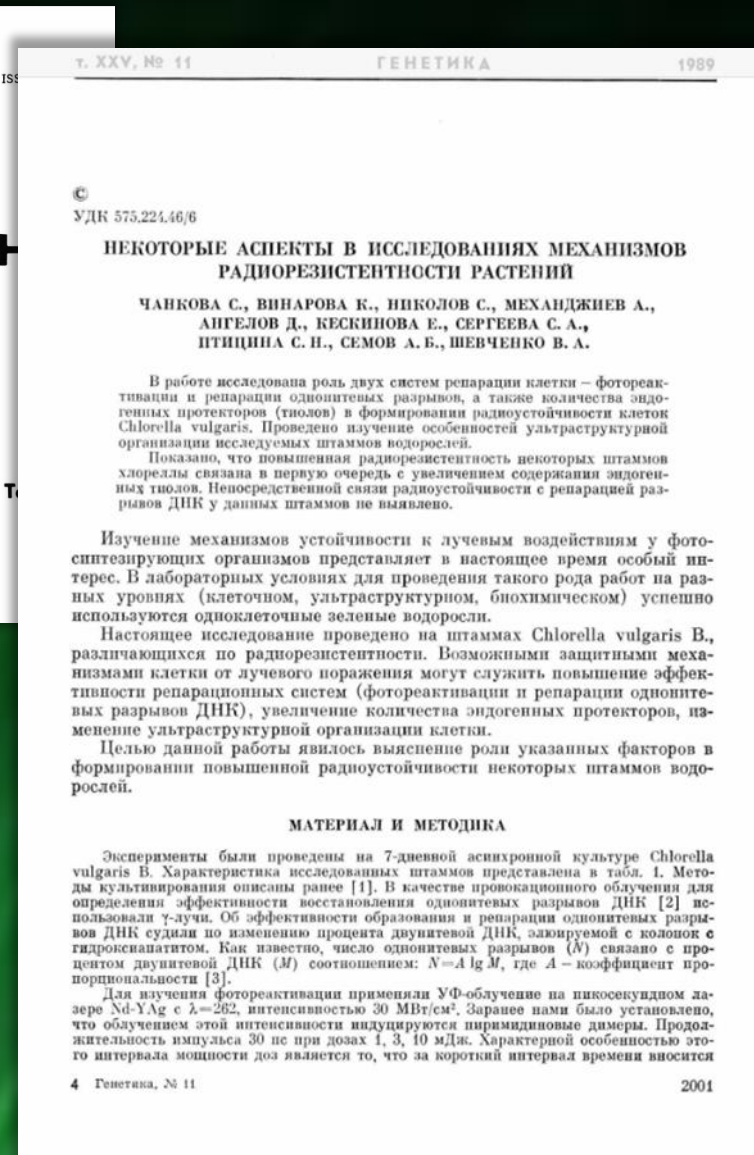
Шевченко В.А. Биохимический полиморфизм популяций *Dreysena polymorpha*, обитающих в водоеме-охладителе АЭС / В.А. Шевченко, А.Н. Фетисов // Доклады АН СССР. – 1989. –Т. 307; № 5. – С. 1249-1252.  
<https://viewer.benran.ru/ru/beno1000326578?page=231&rotate=0&theme=white>



Некоторые аспекты в исследованиях механизмов радиорезистентности растений / С. Чанкова, ..., В.А. Шевченко // Генетика. – 1989. – Т. 25; № 11. – С. 2001-2009. <https://viewer.benran.ru/ru/beno1000389070?page=98&rotate=0&theme=white>

Shevchenko V.A., Ramaya L.K., Pomerantseva M.D., Lyaginskaya A.M., Dementiev S.I. Genetic effect of  $^{131}\text{I}$  in reproductive cells of male mice // Mutation Research Letters. Volume 226, Issue 2, June 1989, P. 87-91. [https://doi.org/10.1016/0165-7992\(89\)90048-1](https://doi.org/10.1016/0165-7992(89)90048-1)

ГЕНЕТИКА



Pomerantseva M.D., Ramaya L.K., Shevchenko V.A., Vilkina G.A., Lyaginskaya A.M. Evaluation of the genetic effects of  $^{238}\text{Pu}$  incorporated into mice. *Mutation Research Letters* Volume 226, Issue 2, June 1989, Pages 93-98. [https://doi.org/10.1016/0165-7992\(89\)90049-3](https://doi.org/10.1016/0165-7992(89)90049-3)



*Mutation Research*, 226 (1989) 93-98  
Elsevier

MTRL 0207

### Evaluation of the genetic effects of $^{238}\text{Pu}$ incorporated into mice

M.D. Pomerantseva, L.K. Ramaya, V.A. Shevchenko, G.A. Vilkina and  
A.M. Lyaginskaya

*N.I. Vavilov Institute of General Genetics, U.S.S.R. Academy of Sciences, and Institute of Biophysics, U.S.S.R. Ministry of Health,  
Moscow (U.S.S.R.)*

(Accepted 6 January 1989)

**Keywords:** Plutonium-238; Genetic effects; Mice

#### Summary

The genetic effects of  $^{238}\text{Pu}$  incorporated into male mice were estimated by several tests. The activity of the administered  $^{238}\text{Pu}$  nitrate varied from 7 to 1850 Bq/g of body weight. The average  $\alpha$ -radiation dose absorbed in the testes ranged from 2 to 96 cGy, with a dose rate of 0.004-1 cGy/day.  $\alpha$ -Radiation from  $^{238}\text{Pu}$  was shown to induce dominant lethal mutations (DLM) and reciprocal translocations (RT), chromosomal fragmentation and formation of abnormal sperm heads (ASH). The effect does not depend on the average  $\alpha$ -radiation dose absorbed in the testis. The relative genetic efficiency of  $\alpha$ -radiation, as compared with that of chronic  $\alpha$ -radiation for the indices under study, was about 10-20.

The process of mutagenesis induced in reproductive cells of mammals by  $\alpha$ -radiation has not been completely elucidated. It appears to be impossible to study the effect of external  $\alpha$ -radiation because of the short path of  $\alpha$ -particles. The only opportunity for estimating the mutagenic effect of  $\alpha$ -radiation on reproductive cells is to study the effect of transuranium radionuclides, namely plutonium, incorporated into the organism. Apart from the obvious theoretical interest in the problem, the

study of the genetic effects of incorporated plutonium is of great importance in view of the rapid development of nuclear energy.

Few of the studies dealing with the genetic effects of plutonium on mammals have involved experiments with  $^{239}\text{Pu}$ .  $\alpha$ -Radiation from this radionuclide was found to induce various genetic anomalies in reproductive cells of mice (Beachey et al., 1975; Searle et al., 1976; Luning et al., 1976; Russell et al., 1978; Grahn et al., 1979, 1983; Generoso et al., 1985). As is known from the literature, the relative biological efficiency (RBE) of  $^{239}\text{Pu}$  for genetic indices varies from 10 to 60. The literature available to us does not give any information as to the genetic effect of  $^{238}\text{Pu}$  on mammals. The aim of this work was to estimate the

Correspondence: Dr. M.D. Pomerantseva, N.I. Vavilov Institute of General Genetics, U.S.S.R. Academy of Sciences and Institute of Biophysics, U.S.S.R. Ministry of Health, Moscow (U.S.S.R.).

Генетические эффекты у мышей, экспонированных в 10-километровой зоне Чернобыльской АЭС / М.Д. Померанцева, А.В. Чехович, Л.К. Рамайма, В.А. Шевченко и др. // *Генетика*. – 1990. – Т. 26; № 10. – С. 1870-1875. <https://viewer.benran.ru/ru/beno1000389058?page=175&rotate=0&theme=white>



УДК 575.17.2:599.323  
© 1990 г.

### ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ У МЫШЕЙ, ЭКСПОНИРОВАННЫХ В 10-КИЛОМЕТРОВОЙ ЗОНЕ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

ПОМЕРАНЦЕВА М. Д., ЧЕХОВИЧ А. В., РАМАЙЯ Л. К., ШЕВЧЕНКО В. А., ШАРС А. И., ЛОБАНОВА Н. В.

Исучали частоту генетических нарушений в половых клетках самцов мышей, экспонированных в 10-километровой зоне Чернобыльской АЭС половозрелыми или в период эмбриогенеза. Повышение частоты доминантных летальных мутаций и аномальных головок спермиев у половозрелых самцов было выявлено при анализе только в ранние сроки после окончания экспозиции. Выход реципрокных транслокаций в сперматоцитах этих самцов был относительно низким. Среди самцов, подвергшихся воздействию повышенного фона радиации на начальный период эмбриогенеза, были выявлены гетерозиготы по реципрокным транслокациям. У остальных самцов этой группы частота реципрокных транслокаций была низкой.

В проведенных ранее исследованиях были изучены генетические эффекты у дождевых мышей, отловленных в 1986-1987 гг. на участках с различной степенью загрязненности радионуклидами в 30-километровой зоне отселения Чернобыльской АЭС [1], а также у лабораторных мышей, экспонированных там же [2].

При всех уровнях загрязненности участков в сперматоцитах самцов были выявлены реципрокные транслокации (РТ), частота которых была относительно невысокой, но несколько возрастала с увеличением мощности дозы. В ранние сроки после отлова или окончания экспозиции у самцов мышей была понижена частота доминантных летальных мутаций (ДЛМ) и снижена масса семенников. Экспозиция на максимально загрязненном участке приводила к необратимой стерильности животных.

Целью данной работы явилось сравнительное изучение генетических эффектов у мышей, экспонированных в 1988 г. в районе ЧАЭС половозрелыми или в период эмбриогенеза.

В июне 1988 г. на участке вблизи ЧАЭС были размещены клетки из металлической сетки с 150 мышами гибридами (СВА×С57BL) F<sub>1</sub> обоего пола. Для получения животных, испытанных воздействием излучения в течение эмбриогенеза в части клонок, самки содержали совместно с самцами. Общая продолжительность экспозиции составляла 22 сут. В зависимости от дня наступления овуляции сроки экспозиции эмбрионов варьировали от 22 до 5 сут. Соответственно длительности экспозиции в течение беременности самки были разделены на пять групп. В 1-2-й группах облучению подвергались эмбрионы практически весь период развития, в 3-4-й группах облучение приходилось на первую треть или половину антенатального развития, а в 5-й группе облучению подвергалась только первая четверть эмбриогенеза. В течение всего времени экспозиции животных кормили практически чистым кормом.

Мощность дозы  $\gamma$ -излучения на поверхности почвы участка, измеренная дозиметром ДП-5, составляла 80-120 мР/ч. Для определения поглощенной дозы  $\gamma$ -излучения и суммарной поглощенной дозы  $\gamma$ -и  $\beta$ -излучения под каждой клеткой были размещены дозиметры-напониатели типа ДТТ-4 [3] и МКДТ [4]. Применение этих дозиметров позволяло определить поглощенные дозы на разных уровнях глубины ткани тела, вплоть до 3 мм, а затем экстраполировать данные на более глубокие участки ткани. Средние величины измерений дозы приведены в табл. 1. Изучение накопления радионуклидов в тушках экспонированных мышей показало, что дозы от внутреннего облучения не превышали 1% от величины суммарной поглощенной дозы внешнего облучения.

Генетический эффект облучения оценивали: 1) по частоте ДЛМ, характеризующих смертность эмбрионов до и после имплантации в потомстве экспонированных

Реутова Н.В. О мутагенном влиянии двух различных соединений свинца / Н.В. Реутова, В.А. Шевченко // Генетика. – 1991. – Т. 27; № 7. – С. 1275-1279.  
<https://viewer.benran.ru/ru/beno1000389050?page=156&rotate=0&theme=white>

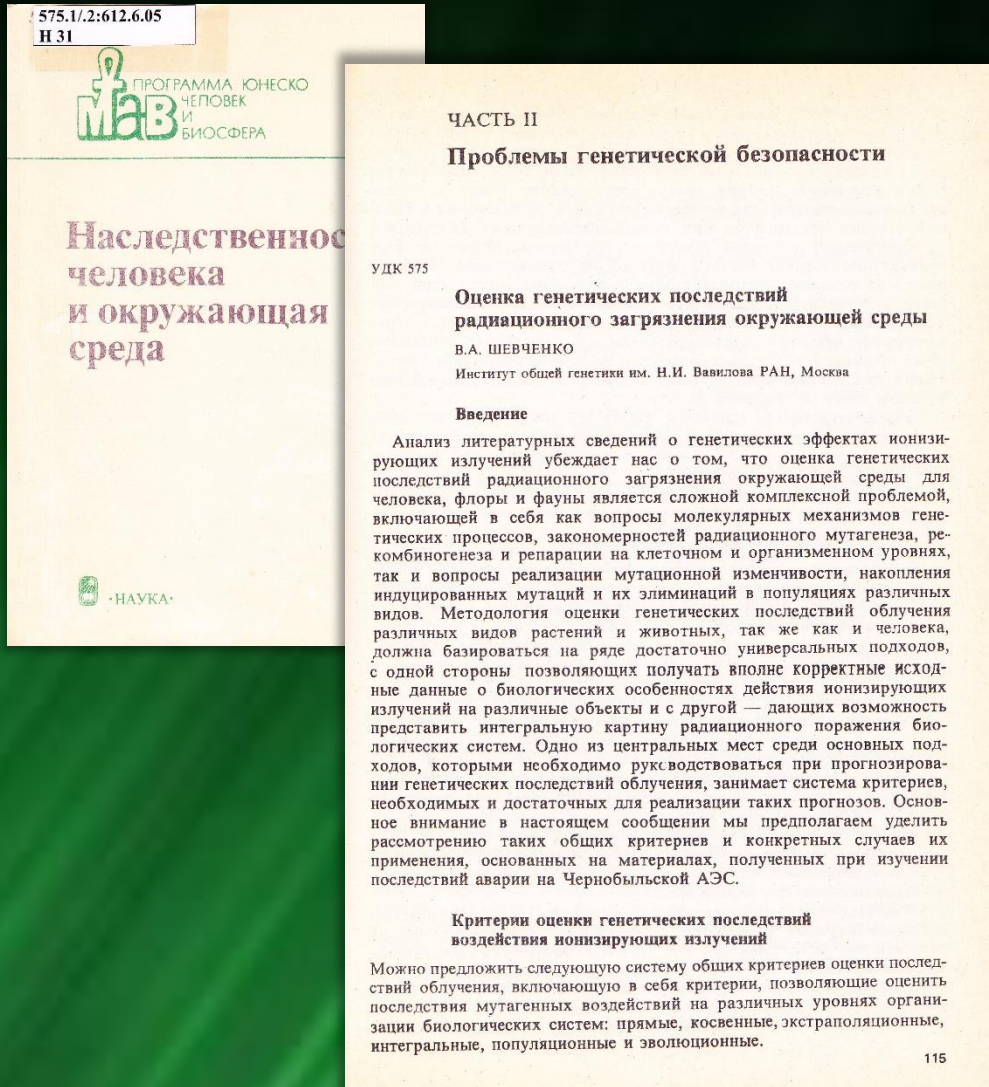


Реутова Н.В. Серебро как возможный мутаген / Н.В. Реутова, В.А. Шевченко // Генетика. – 1991. – Т. 27; № 7. – С. 1280-1284.  
<https://viewer.benran.ru/ru/beno1000389050?page=161&rotate=0&theme=white>

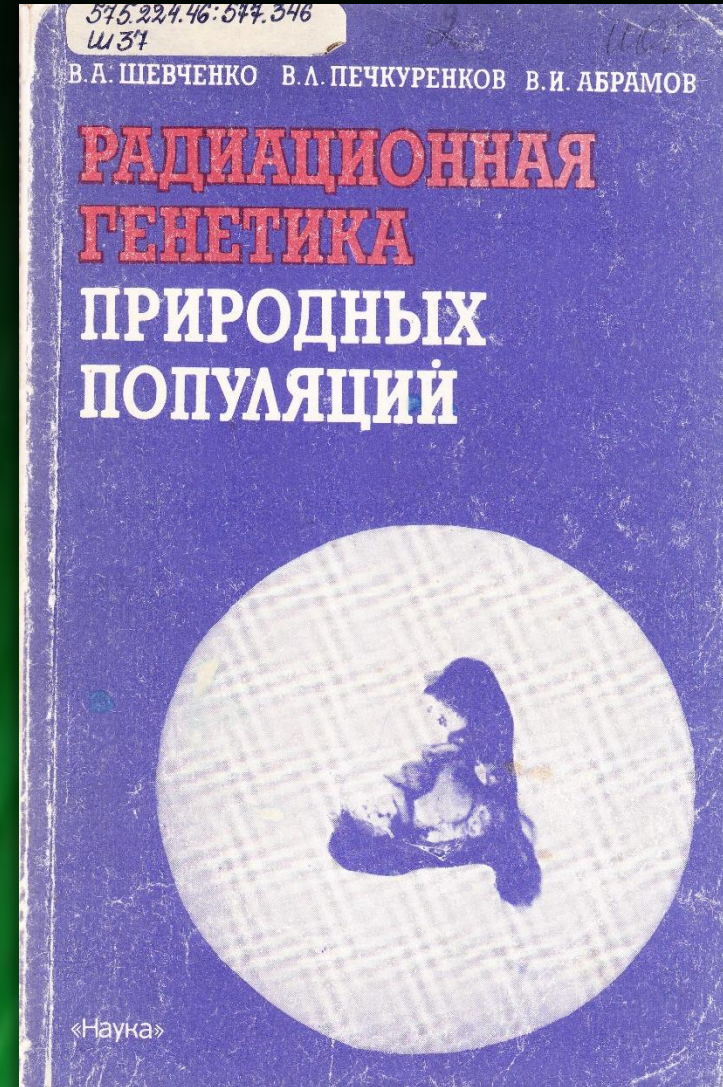


Шевченко, В.А. Оценка генетических последствий радиационного загрязнения окружающей среды / В.А. Шевченко // Наследственность человека и окружающая среда. Вып. 2. — Москва: Наука, 1992. — С. 115-127.

<https://koha.benran.ru/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=2088094>



Шевченко, В. А. Радиационная генетика природных популяций: Генетические последствия Кыштымской аварии / Шевченко В.А., Печкуренок В.Л., Абрамов В.И.; Рос. акад. наук, Ин-т общей генетики им. Н.И. Вавилова. — Москва : Наука, 1992. — 221 с. : ил. — ISBN 5020041823. <https://koha.benran.ru/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=1766117>



Реутова Н.В. Мутагенное действие неорганических соединений серебра и свинца на традесканцию / Н.В. Реутова, В.А. Шевченко // Генетика. – 1992. – Т. 28; № 9. – С. 89-96.

<https://viewer.benran.ru/ru/beno1000389033?page=90&rotate=0&theme=white>



Abramov V.I., Fedorenko O.M. Shevchenko V.A. Genetic consequences of radioactive contamination for populations of *Arabidopsis*. Science of the Total Environment. Volume 112, Issue 1, February 1992, Pages 19-28.

[https://doi.org/10.1016/0048-9697\(92\)90234-J](https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90234-J)



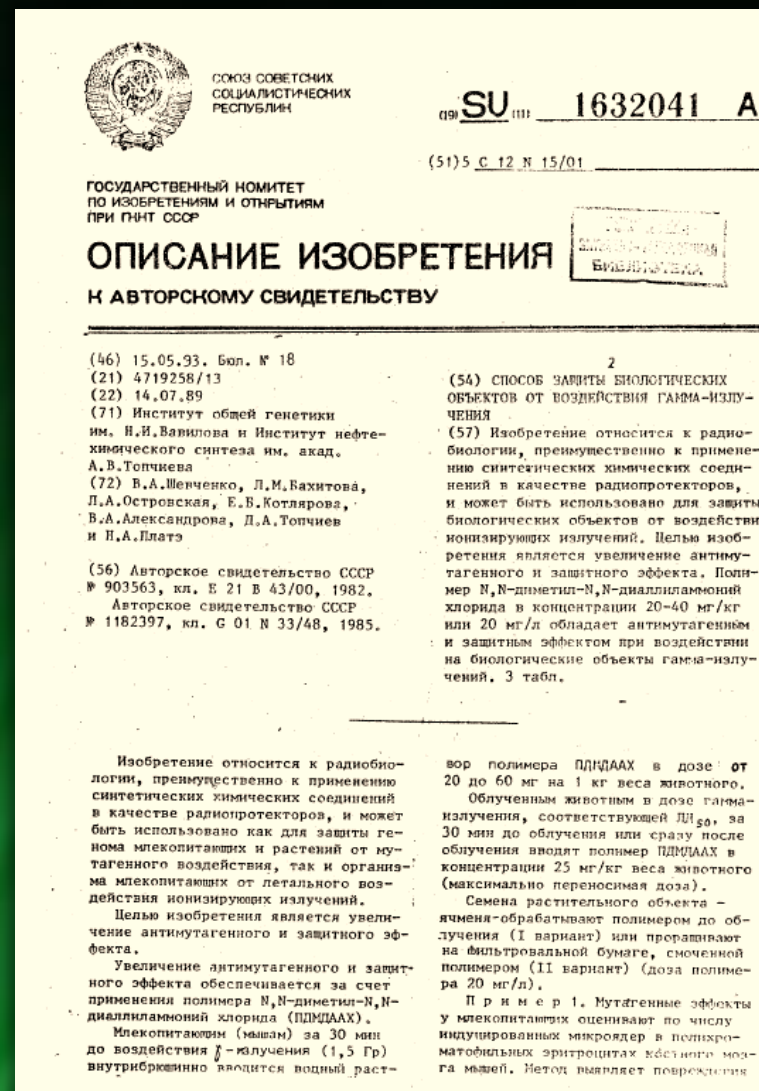
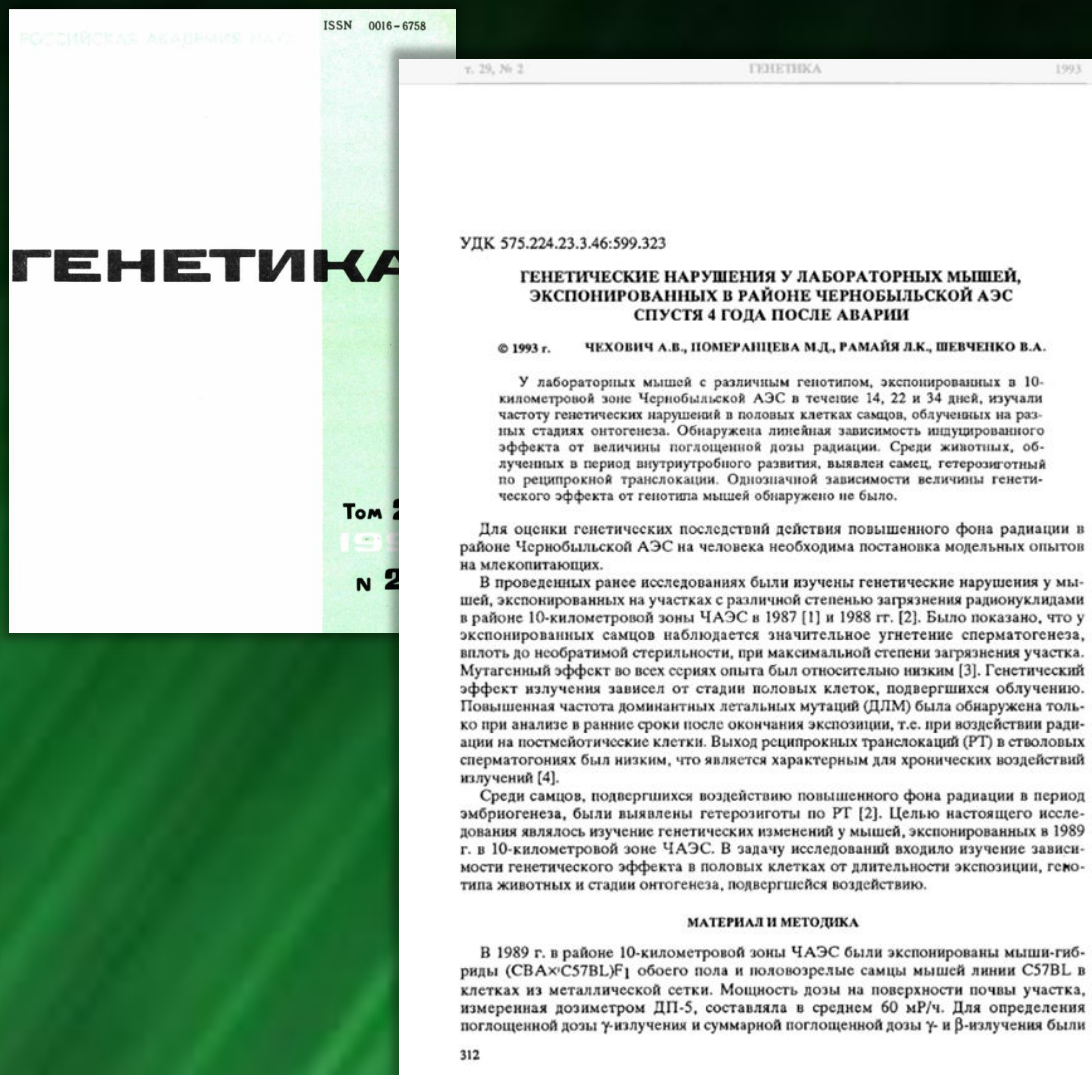
Zainullin V.G., Shevchenko V.A., Mjasnjankina E.N., Generalova M.V., Rakin A.O. The mutation frequency of *Drosophila melanogaster* populations living under conditions of increased background radiation due to the Chernobyl accident. *Science of the Total Environment*. Volume 112, Issue 1, February 1992, Pages 37-44. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(92\)90236-L](https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90236-L)

Shevchenko V.A., Pomerantseva M.D., Ramaiya L.K., Chekhovich A.V., Testov B.V. Genetic disorders in mice exposed to radiation in the vicinity of the Chernobyl nuclear power station. *Science of the Total Environment*. Volume 112, Issue 1, February 1992, Pages 45-56. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(92\)90237-M](https://doi.org/10.1016/0048-9697(92)90237-M)

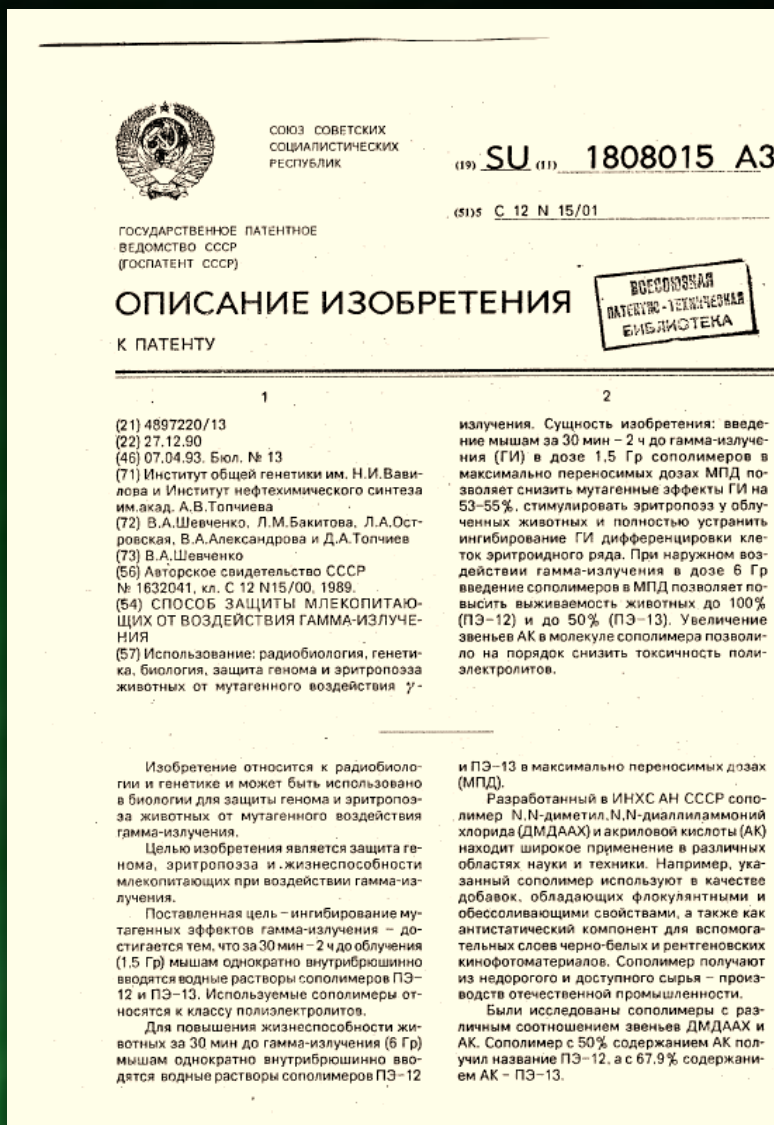


Генетические нарушения у лабораторных мышей, экспонированных в районе Чернобыльской АЭС спустя 4 года после аварии / А.В. Чехович, М.Д. Померанцева, Л.К. Рамайя, В.А. Шевченко и др. // Генетика. – 1993. – Т. 29; № 2. – С. 312-321. <https://viewer.benran.ru/ru/beno1000389021?page=121&rotate=0&theme=white>

Авторское свидетельство № 1632041 А1 СССР, МПК С12N 15/01. Способ защиты биологических объектов от воздействия гамма-излучения : № 4719258 : заявл. 14.07.1989 : опубл. 15.05.1993 / В. А. Шевченко, Л. М. Бахитова, Л. А. Островская [и др.] ; заявитель ИОГен им. Н.И. Вавилова, Институт нефтехимического синтеза им. акад. А.В. Топчиева. [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_40717318\\_73072183.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_40717318_73072183.pdf)



Авторское свидетельство № 1808015 СССР, МПК С12N 15/01. Способ защиты млекопитающих от воздействия гамма-излучения : № 4897220 : заявл. 27.12.1990 : опубл. 07.04.1993 / В. А. Шевченко, Л. М. Бахитова, Л. А. Островская [и др.]. [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_41011303\\_61355264.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_41011303_61355264.pdf)




Sokolov, V.E., Rjabov, I.N., Ryabtsev, I.A. et al. Ecological and genetic consequences of the Chernobyl atomic power plant accident. *Vegetatio* 109, 91–99 (1993). <https://doi.org/10.1007/BF00149548>



Патент № 2043368 С1 Российская Федерация, МПК С08F 226/04, С08F 220/06, С08F 220/60. Сополимеры (N,N-диметил-N,N-диаллилалламмонийхлорида с акриловой кислотой и 2-[4-гидрокси-3,5-ди(трет-бутил)фенил-этил-карбонил]-гидразидом акриловой кислоты, обладающие антимутагенной, защищающей и стимулирующей эритропоз активностью при действии  $\gamma$ -излучения : № 92005249/05 : заявл. 13.11.1992 : опубл. 10.09.1995 / В. А. Шевченко, Д. А. Топчиев, В. А. Александрова [и др.]. <https://elibrary.ru/item.asp?id=38014756>

(19) **RU** (11) **2 043 368** (13) **C1**  
(51) МПК<sup>6</sup> **C 08 F 226/04//C 08 F 226/04, 220:06, 220:60**

  
РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21), (22) Заявка: 92005249/05, 13.11.1992  
(46) Опубликовано: 10.09.1995

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: Муратходжаева Ф.Н., Батырбеков А.А., Сирота А.Р., Рафиков Р.З. Исследование биологической активности синтетических сополимеров и металлокомплексов на основе акриловой кислоты и винилпирролидона. - Химико-фармацевтический журнал 1990, N 8, стр.40. Бояркина Н.М., Крючков В.А., Пархамович Е.С., Амбург Л.А., Топчиев Д.А., Кабанов Р.А. Полимеры на основе N,N-диметил-N,N-диаллилалламмонийхлорида. - Пластические массы 1987, N 8, стр.17. Ершов В.В., Пиотровский К.Б., Тулкина Н.А., Никифорова Г.А., Володькин А.А., Ронина М.П. Синтез и ингибирующая активность функциональных производных 2,6-дитретбутилфенола. - Изв. АН СССР сер.хим. 1976, N 6, стр.1174.

(71) Заявитель(и):  
Шевченко В.А.,  
Топчиев Д.А.,  
Александрова В.А.,  
Котлярова Е.Б.,  
Один А.П.,  
Домнина Н.С.

(72) Автор(ы):  
Шевченко В.А.,  
Топчиев Д.А.,  
Александрова В.А.,  
Котлярова Е.Б.,  
Один А.П.,  
Домнина Н.С.

(73) Патентообладатель(ли):  
Шевченко Владимир Андреевич

(54) СОПОЛИМЕРЫ (N,N-ДИМЕТИЛ-N,N-ДИАЛЛИЛАММОНИЙХЛОРИДА С АКРИЛОВОЙ КИСЛОТОЙ И 2-[4-ГИДРОКСИ-3,5-ДИ(ТРЕТ-БУТИЛ)ФЕНИЛ-ЭТИЛ-КАРБОНИЛ]-ГИДРАЗИДОМ АКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ, ОБЛАДАЮЩИЕ АНТИМУТАГЕННОЙ, ЗАЩИЩАЮЩЕЙ И СТИМУЛИРУЮЩЕЙ ЭРИТРОПОЗ АКТИВНОСТЬЮ ПРИ ДЕЙСТВИИ  $\gamma$ -ИЗЛУЧЕНИЯ


(57) Реферат:  
Использование: в биологии, медицине, а также при решении проблем снижения уровня генетических поражений, вызванных действием мутагенных факторов окружающей среды (гамма-излучение). Сущность изобретения: сополимеры N,N-диметил-N,N-диаллилалламмонийхлорида с акриловой кислотой и 2-[4-гидрокси-3,5-ди(третбутил)фенил-этил-карбонил] гидразидом акриловой кислоты при молярном соотношении элементарных звеньев 32,08 57,72-67,24 0,68-10,2 соответственно, со средней характеристической вязкостью  $[\eta]$  0,21 дл/г, обладающие антимутагенной, защищающей и стимулирующей эритропоз активностью при действии гамма-излучения.

Том 32, Номер 11  
ISSN 0016-6758

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

**ГЕНЕТИКА**

Главный редактор  
Г.П. Георгиев

МАИК "НАУКА"  "НАУКА"

ОБЩАЯ  
ГЕНЕТИКА

УДК 575.174.015.3:582.475

**АДАПТИВНЫЙ ХАРАКТЕР ПОЛИМОРФИЗМА ПО ЛОКУСУ СУПЕРОКСИДИСМУТАЗЫ В ПРИРОДНЫХ ХРОНИЧЕСКИ ОБЛУЧАЕМЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ CENTAUREA SCABIOSA L.**

© 1996 г. В. А. Кальченко, А. В. Рубанович, В. А. Шевченко  
Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова Российской академии наук, Москва 117809  
Поступила в редакцию 17.01.96 г.

В хронически облучаемых природных популяциях василька шероховатого, длительное время обитающих на Восточноуральском радиоактивном следе, выявлена адаптивная роль полиморфизма изоферментов SOD. Полученные результаты показывают возрастание до 65% частоты аллеля S и снижение до 35% аллеля F полиморфного локуса SOD за 12 поколений в условиях непрерывного воздействия ионизирующего излучения.

Известно, что супероксиддисмутаза (SOD) является эффективным радиопротектором на молекулярном, клеточном и организменном уровнях. Рядом исследователей была показана защитная роль SOD при действии ионизирующей радиации на вирусы [1], бактерии [2], клетки млекопитающих в культуре и *in vivo* [3]. В этих случаях SOD добавляли в сенсиблированную среду или путем инъекции мышам после облучения.

В экспериментах на *Drosophila melanogaster* была доказана защитная роль SOD, синтезированной самим организмом. Степень защиты коррелировала с удельной активностью изофермента, которая заметно выше у S-форм SOD. Более того, было показано, что хроническое облучение лабораторных популяций *D. melanogaster* приводит к увеличению частоты аллельных форм SOD, обладающих повышенной специфической активностью. В облучаемых популяциях высокоактивная S-форма вытесняла низкоактивную форму F. Кроме того, в прямых экспериментах было показано, что радиустойчивость (LD<sub>50</sub> по выживаемости) гомозигот SS достоверно превышает устойчивость особей с генотипами FF и FS [4].

Цель настоящей статьи – дополнить эту стройную картину данными по природным хронически облучаемым популяциям растений. Мы представим результаты, полученные в ходе многолетнего изучения биохимического полиморфизма природных популяций василька шероховатого (*C. scabiosa* L.), обитающих в районе Восточноуральского радиоактивного следа (Кыштымская авария, 1957 г.). В предыдущих публикациях подробно рассматривались особенности изменчивости локуса *Lap* у этого вида при постоянном воздействии на популяцию  $\beta$ -излучения [5–8]. Столь же отчетливые изменения генетической структуры в этих популяциях можно зарегистрировать, используя полиморфизм по локусу SOD.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полиморфизм SOD изучали в двух пространственно разделенных панмиктических популяциях многолетнего растения *C. scabiosa* L., обитающих на оси Восточноуральского радиоактивного следа (ВУРС). Одна популяция произрастает в начале (популяция I), а другая в конце (популяция II) следа при активности <sup>90</sup>Sr в почве 140 и 0,2 ТБк/км<sup>2</sup> соответственно.

*C. scabiosa* L. – диплоидное (2n = 18) растение семейства Compositae. Обследуемые популяции входят в состав ненарушаемого лугового ценоза и включают в себя особи разных возрастных состояний.

Кинетику формирования и распределение доз хронического  $\beta$ -излучения в популяциях оценивали методом, основанным на применении термолуминифора LiF-порошок. Микродозиметры (ТЛД) устанавливали в места расположения критических органов растений (точка роста, апекс, соцветия), а также на поверхности почвы и на разных высотах от почвы. Время экспозиции микродозиметров 30 сут [9]. Радиационная обстановка на ВУРСе после аварии детально описана в работе [10].

Популяция I облучается дозой 130 бэр/год, а популяция II – дозой 0,2 бэр/год. Различия между дозовыми нагрузками на популяции составляют 700 раз. При этом 70% поглощенной дозы приходится на  $\beta$ -излучение от инкорпорированных радионуклидов <sup>90</sup>Sr-<sup>90</sup>Y, а 30% – на внешнее  $\beta$ -излучение от радионуклидов, содержащихся в почве и других растениях.

С момента аварии и до определения генотипов SOD в популяциях *C. scabiosa* L. сменялось примерно 12 поколений.

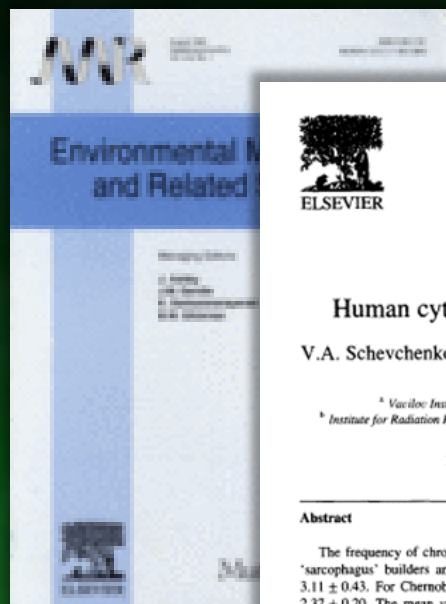
Семена растений M<sub>0</sub>, M<sub>1</sub> и M<sub>2</sub> были проверены на радиорезистентность путем воздействия на них



1509

Кальченко В.А. Адаптивный характер полиморфизма по локусу супероксиддисмутазы в природных хронически облучаемых популяциях *Centaurea scabiosa* L. / В.А. Кальченко, А.В. Рубанович, В.А. Шевченко // Генетика. – 1996. – Т. 32, № 11. – С.1509-1512. <https://viewer.benran.ru/ru/beno1000389687?page=71&rotate=0&theme=white>

Shevchenko V.A., Akayeva E.A., Yeliseyeva I.M., Yelisoa T.V., Yofa E.L., Nilova I.N., Syomov A.B., Burkart W. Human cytogenetic consequences of the Chernobyl accident. Mutation Research/Environmental Mutagenesis and Related Subjects Volume 361, Issue 1, 26 September 1996, Pages 29-34.

[https://doi.org/10.1016/S0165-1161\(96\)90226-5](https://doi.org/10.1016/S0165-1161(96)90226-5)



Mutation Research 361 (1996) 29–34

## Human cytogenetic consequences of the Chernobyl accident

V.A. Shevchenko<sup>a</sup>, E.A. Akayeva<sup>a</sup>, I.M. Yeliseyeva<sup>a</sup>, T.V. Yelisoa<sup>a</sup>, E.L. Yofa<sup>a</sup>, I.N. Nilova<sup>a</sup>, A.B. Syomov<sup>a</sup>, W. Burkart<sup>b,\*</sup>

<sup>a</sup> *Vavilov Institute of General Genetics, Russian Academy of Sciences, Gubkin St. 3, 117809 Moscow, Russia*  
<sup>b</sup> *Institute for Radiation Hygiene of the Federal Office for Radiation Protection, Ingolstädter Landstr. 1, D-85764 Oberschleissheim, Germany*

Received 15 November 1994; revised 29 September 1995; accepted 6 March 1996

**Abstract**

The frequency of chromosomal aberrations was evaluated in more than 500 liquidators of the Chernobyl accident. The 'sarcophagus' builders and the dosimetrists showed the highest frequency of aberrations per 100 cells:  $3.24 \pm 0.25$  and  $3.11 \pm 0.43$ . For Chernobyl Atomic Power Station staff members the mean frequencies of aberrations per 100 cells was  $2.37 \pm 0.20$ . The mean yields of aberrations in the other groups was between 1.31 and 1.47 per 100 cells. If the mean frequencies of aberrations are converted into equivalent whole body doses, values between 136 and 414 mGy are obtained. Especially in the group of 'sarcophagus' builders, the yields of aberrations varied interindividually and corresponded to equivalent whole body doses of up to about 2 Gy.

**Keywords:** Chernobyl; Radiation effect; Lymphocyte; Chromosome aberration; Automated dicentric analysis

**1. Introduction**

The study of genetic and ecological aspects of health in populations exposed to radiation resulting from the Chernobyl accident as well as in the groups of people who participated in the elimination of the consequences of the accident (liquidators) is of paramount importance. These health aspects are correlated with absorbed radiation doses. Physical dosimeters were worn in only few cases. One proved way to get information concerning absorbed radiation dose is to quantify cytogenetic effects. For this purpose chromosome-type aberrations are evaluated in human peripheral blood lymphocytes (IAEA, 1986a; Bender et al., 1988). The sensitivity of the method makes it possible to monitor individual acute doses down to about 0.1 Gy. At lower doses, and especially after chronic irradiation, only groups of exposed individuals can be monitored; because of the low frequency of induced aberrations a great deal of work must be invested in the scoring of thousands of cells. The liquidators were exposed to prolonged or chronic beta/gamma radiation. In this regard, the cytogenetic examination of blood lymphocytes of the exposed people in Chernobyl provides a unique opportunity for studying the effect of prolonged or

<sup>\*</sup> Corresponding author.

0165-1161/96/\$15.00 Published by Elsevier Science B.V.  
PII S0165-1161(96)00020-9

Филатова Л.П. Рекомбинация у самцов *Drosophila melanogaster*, экспонированных на ТЭС / Л.П. Филатов, Н.Ш. Лаптева, В.А. Шевченко // Генетика. – 1997. – Т. 33, № 1. – С. 123-125.

<https://viewer.benran.ru/ru/beno1000389676?page=125&rotate=0&theme=white>

Том 33, Номер 1  
ISSN 0018-6758

Январь 1997

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

## ГЕНЕТИКА

Главный редактор  
Г.П. Георгиев

МАИК "НАУКА" "Н

ГЕНЕТИКА, 1997, том 33, № 1, с. 123–125

### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕНЕТИКА

УДК 575.116.12:595.773.4

## РЕКОМБИНАЦИЯ У САМЦОВ *DROSOPHILA MELANOGASTER*, ЭКСПОНИРОВАННЫХ НА ТЭС

© 1997 г. Л. П. Филатова, Н. Ш. Лаптева, В. А. Шевченко  
Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова Российской академии наук, Москва 117809  
Поступила в редакцию 25.08.95 г.  
Окончательный вариант получен 09.02.96 г.

На протяжении четырех лет изучали рекомбинацию у самцов *Drosophila melanogaster*, экспонируя их на одной из ТЭС г. Москвы, а в 1994 г. была взята для сравнения еще одна ТЭС в другом районе города. Показано, что частота рекомбинации у экспериментальных самцов в 2–3 раза превышала контрольные показатели. Различия в частотах рекомбинации, отмечаемые на протяжении четырех лет, не являются статистически достоверными. Данные, полученные для двух разных ТЭС, также статистически не отличаются. Значительное увеличение частоты рекомбинации у дрозофилы при экспозиции их на ТЭС можно считать адекватным ответом на присутствие в выбросах, производимых ТЭС, достаточного количества эффективных мутагенов.

Способность к генетической рекомбинации – фундаментальное свойство живого организма, лежащее в основе эволюционного процесса. Благодаря рекомбинации возникают новые генотипы – новые сочетания наследственных задатков организмов, реализующихся во взаимодействии со средой. Механизм и темпы генетической, в том числе рекомбинационной, изменчивости сами являются продуктами эволюционного процесса. Поскольку уровень рекомбинационной изменчивости, сложившийся в ходе эволюционного процесса, по-видимому, оптимален, всякое существенное отклонение (как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения) можно признать нежелательным. Изучение влияния мутагенных факторов среды на рекомбинационную изменчивость необходимо для прогноза отдаленных последствий продолжающегося ухудшения экологического состояния крупных промышленных городов.

Как показывают наблюдения специалистов, Москва в экологическом отношении является в целом неблагоприятным местом и по классификации принадлежит к городам с сильным загрязнением атмосферного воздуха. На территории Москвы – крупного индустриального центра – расположен ряд промышленных объектов, ежедневно выбрасывающих в атмосферу различные по составу вредные вещества. Огромный вклад в общее загрязнение воздуха вносит теплоэлектростанция (ТЭС), выбрасывающие ежегодно 700 т вредных веществ. В результате работы ТЭС в атмосферу города попадают оксиды азота, диоксиды серы, углекислый и угарный газы, бензол, пирен, а также в окружающую среду попадают канцерогенные металлы: мышьяк, ртуть, свинец, цинк и др. Цель работы – получение данных по

влиянию всего комплекса химических факторов, характеризующих работу ТЭС, на рекомбиногенез у дрозофилы.


### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

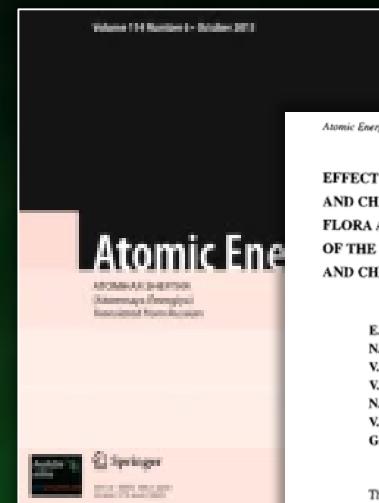
В эксперименте были использованы самцы *Drosophila melanogaster* из линии с мутацией *mei-9<sup>4</sup>* в X-хромосоме, блокирующей экзационную репарацию [1], и гетерозиготные по генам *b*, *pr*, *cn*, *en*, расположенным в хромосоме 2 по обе стороны от центromеры в околотромерном районе [2]. Применение линии, содержащей мутацию *mei-9<sup>4</sup>*, вызвано необходимостью увеличения исходной частоты рекомбинации у самцов, у которых, как известно, отсутствуют механизмы регулярной мейотической рекомбинации, а каждый случай рекомбиногенеза принято считать отдельным мутационным событием. В целом линия характеризуется высокой чувствительностью к мутагенам и низкой репаративной способностью.

Самцы из описанной выше линии, возраст которых к началу эксперимента не превышал 3–4 сут, содержались на старпартной маينو-дрожжевой питательной среде в пробирочных культурах. Экспериментальные самцы были доставлены на ТЭС, где содержались в течение 12 сут в одном из помещений с постоянной температурой около 24°C. Самцы в контроле содержались в тех же температурных условиях, что и экспериментальные. По окончании экспонирования мух доставляли в лабораторию, где самцов скрещивали с виргинскими самками, гомозиготными по всем четырем изучаемым маркерам (*b*, *pr*, *cn*, *en*). Частоту возникновения мужских гамет с рекомбинантными

Патент № 2101915 С1 Российская Федерация, МПК А01G 7/00, С08F 251/00. антимуtagen : № 96103331/13 : заявл. 23.02.1996 : опубл. 20.01.1998 / В. А. Александрова, Д. В. Рыжков, В. А. Шевченко [и др.]. <https://elibrary.ru/item.asp?id=38091521>

Effect of a small dose of ionizing radiation and chemical pollutants on humans and flora and fauna. The program "evaluation of the combined effect of radionuclide and chemical pollutants" / V. N. Kogdin, A. N. Malikov, N. M. Petruchenko [et al.] // Atomic Energy. – 1998. – Vol. 85, No. 6. – P. 886-891. – <https://doi.org/10.1007/BF02361119>

|  |  |
|--|--|
| <br>РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО<br>ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ   |  |
| (19) RU (11) 2 101 915 <sup>(13)</sup> C1<br>(51) МПК <sup>8</sup> A 01 G 7/00, C 08 F 251/00  |  |
| (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ  |  |
| (21), (22) Заявка: 96103331/13, 23.02.1996<br>(48) Опубликовано: 20.01.1998<br>(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU, патент, 2043368, кл. С 08 F 226/04, 1995.                       | (71) Заявитель(и):<br>Шевченко Владимир Андреевич<br>(72) Автор(ы):<br>Александрова В.А.,<br>Рыжков Д.В.,<br>Шевченко В.А.,<br>Толчиев Д.А.,<br>Домнина Н.С.,<br>Котлярова Е.Б.,<br>Обухова Г.В.<br>(73) Патентообладатель(ли):<br>Александрова Валентина Андреевна,<br>Рыжков Дмитрий Владимирович,<br>Шевченко Владимир Андреевич,<br>Толчиев Дмитрий Александрович,<br>Домнина Нина Семеновна,<br>Котлярова Елена Борисовна,<br>Обухова Галина Васильевна |
| (54) АНТИМУТАГЕН<br>(57) Реферат:<br>Использование: генетика сельскохозяйственных растений, а именно относится к производным хитозина, обладающим антимуtagenной активностью при действии гамма-излучения. | Сущность изобретения: созданы новые нетоксичные и биодegradуемые производные хитозина, обладающие высокой антимуtagenной активностью при действии гамма-излучением.  |



Atomic Energy Vol. 85, No. 6, 1998

**EFFECT OF A SMALL DOSE OF IONIZING RADIATION AND CHEMICAL POLLUTANTS ON HUMANS AND FLORA AND FAUNA. THE PROGRAM "EVALUATION OF THE COMBINED EFFECT OF RADIONUCLIDE AND CHEMICAL POLLUTANTS"**

UDC 504.05/06:504.3;504.7.05/052/75:504.75.05/06:577/34

E. B. Burlakova,<sup>1</sup> G. P. Dobina,<sup>2</sup>  
 N. A. Zyuzikov,<sup>3</sup> V. I. Korogodin,<sup>3</sup>  
 V. L. Korogodina,<sup>3</sup> E. A. Krasavin,<sup>3</sup>  
 V. N. Kogdin,<sup>4</sup> A. N. Malikov,<sup>4</sup>  
 N. M. Petruchenko,<sup>4</sup> V. G. Petin,<sup>5</sup>  
 V. I. Reshetnikova,<sup>6</sup> V. A. Shevchenko,<sup>7</sup>  
 G. V. Shlyakhtin,<sup>8</sup> and A. A. Yarinin<sup>9</sup>

The debate as to whether a low dose of radiation is "harmful, innocuous, or beneficial" is continuing. The debate stems from the fact that lethal and genetic effects have not been recorded in the range of low doses in classical radiobiology; such effects are almost always concealed in the physiological corridor or the interval of mean values.

The distinctive features of the mechanisms by which cell structures are affected at a low radiation dose have now been explained. Physical-chemical and biochemical research has shown that conformational genome restructuring is observed under low-dose irradiation and the properties of the intracellular medium change. In view of this, the sensitivity of biomacromolecules, cells, and organisms to the effect of other damaging factors changes [1]. The changes can be directly or inversely dependent on the dose. An example of radiation damage to massive structures in cells is the change in the concentration of free radicals and the number of antioxidants in the system regulating the metabolism of membranes (Fig. 1). The changes in the intracellular medium and the conformational genome changes probably cause the observed destabilization of the genotype [2, 3].

A low radiation dose has been shown to stimulate cell division [4], cause metabolic shifts that are incompatible with the vital activity of the cell, interphase death [5], and differentiating effects [6]. In some cases, the efficiency observed is higher for a low dose [7], the explanation for this being an increased radiosensitivity in that range of doses.

Analysis of the given data about the changes caused in the cell by a low radiation dose shows that its adaptive-compensating functions disappear or are suppressed. This pertains primarily to the adaptive response of cells to irradiation. In the case of preliminary low-dose irradiation the adaptive response disappears and the cell is even sensitized. Interestingly, this

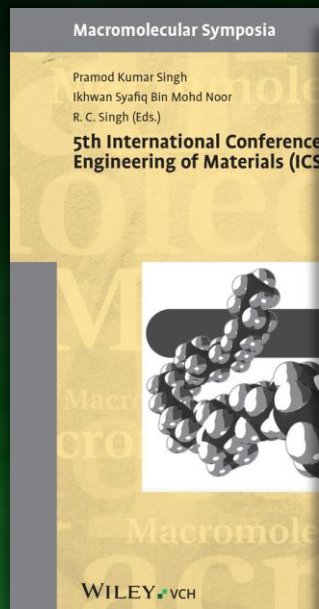
<sup>1</sup> Institute of Biological Chemical Physics, Russian Academy of Sciences.  
<sup>2</sup> Saratov State Medical University.  
<sup>3</sup> Joint Institute for Nuclear Research.  
<sup>4</sup> State Committee on Environmental Protection, Saratov Province.  
<sup>5</sup> Medical Radiological Center, Russian Academy of Medical Sciences.  
<sup>6</sup> Ministry of Health Directorate, Saratov Province.  
<sup>7</sup> Institute of General Genetics, Russian Academy of Sciences.  
<sup>8</sup> Saratov State University.  
<sup>9</sup> State Science Center of the Russian Federation – Institute of Immunology of the Ministry of Public Health.

Translated from *Atomnaya Énergiya*, Vol. 85, No. 6, pp. 457–462, December, 1998. Original article submitted September 23, 1998.

886 1063-4258/98/8506-0886\$20.00 ©1999 Kluwer Academic/Plenum Publishers

Macromolecular design of cationic polyelectrolytes on the chitosan basis for achievement of high antimutagenic efficiency at gamma-irradiation / V. A. Alexandrova, D. V. Ryzhkov, G. V. Obukhova [et al.] // Macromolecular Symposia. – 1998. – Vol. 130. – P. 1-17. – <https://doi.org/10.1002/masy.19981300103>

Генетические эффекты в хронически облучаемых природных популяциях *Centaurea scabiosa* L., произрастающих на Восточно-Уральском радиоактивном следе / В.А. Кальченко, А.В. Рубанович, Л.Н. Костина, В.А. Шевченко // Генетика. – 1999. – Т. 35, № 9. – С. 1236-1243. <https://viewer.benran.ru/ru/beno1000389639?page=70&rotate=0&theme=white>



Macromol. Symp. 130, 1–17 (1998)

MACROMOLECULAR DESIGN OF CATIONIC POLYELECTROLYTES ON THE CHITOSAN BASIS FOR ACHIEVEMENT OF HIGH ANTIMUTAGENIC EFFICIENCY AT GAMMA-IRRADIATION

V.A.Alexandrova, D.V. Ryzhkov, G.V.Obukhova, N.S. Domnina  
D.A.Topchiev, E.B.Kótyarova, V.A. Shevchenko

A.V.Topchiev Institute of Petrochemical Synthesis RAS  
Leninsky pr.29, Moscow 117912, Russia.

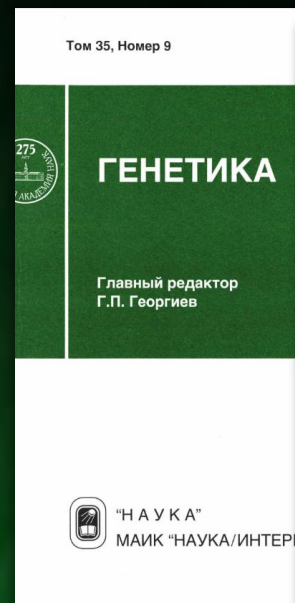
ABSTRACT

A new approach to the problem of construction of efficient antimutagenic ( at  $\gamma$ -irradiation ) systems has been developed on the basis of the models- synthetic cationic polyelectrolytes- polyquaternary salts of diallyldimethylammonium type.

Studies designed to reveal correlation between the structure and activity of polymers are of great importance for targeted synthesis of polymers capable to protect cells from  $\gamma$ -radiation.

From this point of view a positive contribution of the total charge

© 1998 Hüthig & Wepf Verlag, Zug CCC 1022-1360/98/\$ 10.00



ГЕНЕТИКА РАСТЕНИЙ

УДК 575.224.46.582.998.2

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В ХРОНИЧЕСКИ ОБЛУЧАЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ *Centaurea scabiosa* L., ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА ВОСТОЧНО-УРАЛЬСКОМ РАДИОАКТИВНОМ СЛЕДЕ

© 1999 г. В. А. Кальченко, А. В. Рубанович, Л. Н. Костина, В. А. Шевченко  
Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова Российской академии наук, Москва 117809;  
факс: (095) 132-89-62; e-mail: shevchenko@vigg.ru  
Поступила в редакцию 10.01.99 г.

В экспериментах, проводимых на Восточно-Уральском радиоактивном следе (ВУРС, или "Кыштымская авария"), исследовали динамику мутационного процесса в последовательных поколениях *Centaurea scabiosa* L. с целью изучения закономерностей формирования генетического груза в природных популяциях растений при длительном пребывании их в условиях повышенного фона радиации. Проведен анализ цитогенетических изменений, хлорофилльных мутаций и генетической изменчивости изоферментов лецитинаминопептидазы у растений, подвергавшихся хроническому воздействию  $\beta$ -излучения, и их потомков.

Изучение природных популяций микроорганизмов, растений и животных, обитающих на Восточно-Уральском радиоактивном следе (ВУРС), началось в 1962 г., т.е. спустя 5 лет после аварии на Производственном объединении "Маяк", приведшей к широкомасштабному загрязнению природных биосферных сред радиоуклидами, основным из которых был радионуклид  $^{90}\text{Sr}$  ( $T_{1/2} = 28.5$  лет,  $E_{\beta} = 0.61$  МэВ), находящийся в равновесном состоянии со своим дочерним радионуклидом  $^{90}\text{Y}$ . Плотность радиоактивного загрязнения на ВУРСе вдоль оси следа монотонно убывала от  $148 \times 10^{12}$  Бк/км<sup>2</sup> в головной части до  $3.7 \times 10^9$  Бк/км<sup>2</sup> у дальних границ [1].

При оценке генетических последствий загрязнения природных популяций ориентировались на решение двух вопросов: в какой мере этот новый абиотический фактор среды сам способен вызывать рост частоты встречаемости мутаций на популяционном уровне и в какой степени наличие повышенного фона радиации создает новые условия среды, требующие от организмов генетической адаптации к ним [2-10]. Была произведена оценка давления мутационного процесса в контрольных и хронически облучаемых популяциях и определена радиорезистентность организмов. Эти исследования показали, что  $\beta$ -излучение  $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  индуцирует в популяциях рост частоты встречаемости мутаций пропорционально мощности дозы хронического  $\beta$ -излучения. Одним из показателей этого мутационного процесса является появление большого числа нарушений хромосомного аппарата в делящихся клетках организмов. Другим показателем является повышенная частота генных мутаций, например пигментных, что

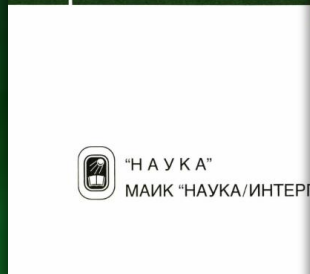
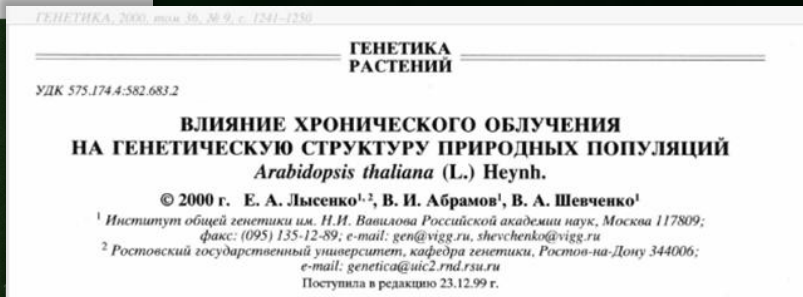
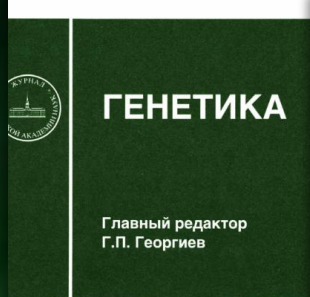
было показано на модельных и природных популяциях хлореллы. Исследования также показали, что в условиях хронического облучения для популяций микроорганизмов, растений и животных характерна повышенная радиостойчивость по сравнению с популяциями, обитающими в контрольных условиях. Проведенный анализ вскрыл различные итоги селекционного процесса в облучаемых популяциях разных видов. В то время как в популяциях одноклеточной водоросли хлореллы уже к пятому году после аварии адаптивно повысилась радиорезистентность и эта картина полностью сохранилась через 11 лет, в популяциях растений наблюдается более сложная ситуация. Наследственный характер увеличения радиорезистентности у растений не вызвал сомнений, но вместе с тем слишком мало было известно о природе изменений генетического материала в динамике и генетических основах, приводящих популяции растений к увеличению их радиостойчивости. В связи с этим целью наших дальнейших исследований стало изучение динамики цитогенетических и генетических эффектов, а также анализ генетической изменчивости локуса *Lap*, кодирующего синтез изоферментов лецитинаминопептидазы в популяциях *Centaurea scabiosa* L., обитающих на ВУРСе и в контрольных условиях. Необходимо было определить: является ли радиация фактором отбора, изменяющим частотные соотношения аллелей, существующих в норме; происходит ли в условиях хронического облучения индукция новых аллельных вариантов; какова дальнейшая судьба новых аллелей в хронически облучаемых популяциях и какова их селективная значимость для растений?

1236

Лысенко Е.А. Влияние хронического облучения на генетическую структуру природных популяций *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh / Е.А. Лысенко, В.И. Абрамов, В.А. Шевченко // Генетика. – 2000. – Т. 36, № 9. – С. 1241-1250. <https://viewer.benran.ru/ru/beno1000389626?page=75&rotate=0&theme=white>

Cytogenetic studies of blood lymphocytes from cosmonauts after long-term space flights on MIR station / B. Fedorenko, S. Druzhinin, L. Yudaeva [et al.] // Advances in Space Research (includes Cospar Information Bulletin). – 2001. – Vol. 27, No. 2. – P. 355-359. – [https://doi.org/10.1016/S0273-1177\(01\)00011-4](https://doi.org/10.1016/S0273-1177(01)00011-4)

Том 36, Номер 9  
ISSN 0016-6758  
Сентябрь 2000



Изучена генетическая структура популяций *Arabidopsis thaliana*, обитающих в районе чернобыльской зоны радиационного загрязнения. Описана динамика частот генотипов и аллелей восьми полиморфных изоферментных локусов. Анализ полученных данных и результатов предшествующих исследований позволил выявить отбор по локусам *Per1* и *Acp2*. В последовательных поколениях хронически облучаемых популяций арабидопсиса выявлены "резкие" флуктуации аллелей, приводящие к смене наиболее распространенных аллелей и даже аллелей, близких к фиксации.

Изучение воздействия на популяции организмов хронического облучения, интенсивность которого на несколько порядков превосходит уровень, к которому биота адаптировалась за миллионы лет эволюции, актуально как с теоретической, так и с практической точки зрения. В ряде работ показано, что радиация действует как экологический фактор [1–8]: под действием хронического облучения происходит нарушение сегрегации аллелей, изменение частот аллелей и генотипов и их относительной приспособленности. Большинство этих исследований выполнено на Восточно-Уральском радиоактивном следе спустя 20 и более лет после аварии, когда значительно снизился уровень облучения и популяции адаптировались к новому средовому фактору.

В районе чернобыльской аварии исследования влияния хронического облучения на генетическую структуру популяций были проведены в первые годы воздействия. А.Н. Фетисовым и соотр. [5, 6] по четырем–пяти локусам изучены популяции *Dreissena polymorpha* спустя 2–4 года после аварии. Авторы не обнаружили конкретных изменений, индуцированных хроническим облучением.

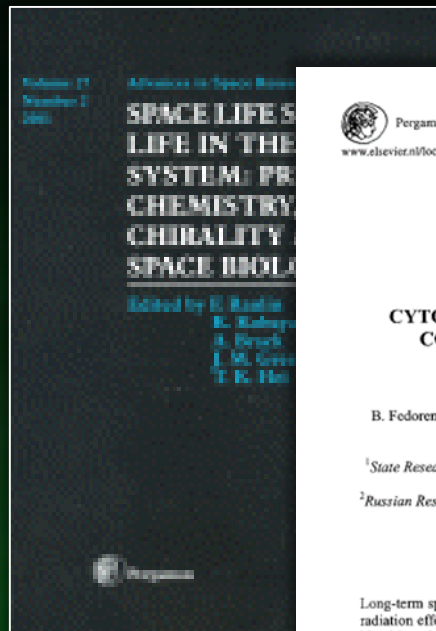
О.М. Федоренко [4] исследовала генетическую структуру популяций *Arabidopsis thaliana* в год аварии, а также спустя один и два года. Проанализирован большой набор популяций (17), но лишь одна из них была исследована на протяжении трех лет и одна – в течение двух, остальные популяции изучались однократно, только в какой-либо один год.

Настоящая работа является продолжением исследований О.М. Федоренко. Полученные Федоренко и нами данные позволяют описать генетическую структуру популяций *Arabidopsis thaliana* на протяжении 4–5 лет, что значительно расширяет базу для выводов и повышает их достоверность.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

*Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. – однолетнее травянистое растение из семейства Crucifera, преимущественно самоопыляющийся вид. Доля потомства от перекрестного опыления составляет около 1% [9]. Типичные места обитания арабидопсиса светлые, хорошо прогреваемые, с легкой, иногда каменистой почвой и обычно слабо развитой растительностью. Ареал его охватывает почти весь Земной шар [10]. Арабидопсис является одним из самых радиостойчивых высших растений – по данным В.И. Иванова ЛД<sub>50</sub> для его семян составляет 1200 Гр [9].

Мы продолжили исследование природных популяций *A. thaliana*, обитающих в окрестностях Чернобыльской АЭС, начатое в работе [4]. Это популяции, обитающие в окрестностях поселков Яново, Толстый Лес, Стечанка, в лесничестве Шепеличи и на дамбе водоема-охладителя АЭС. Далее эти популяции именуется Я-6, ТЛ, С, Ш и Д соответственно. Следует отметить, что группа популяций С и Д представлена выборками из разных популяций, обитающих в одинаковых экологических условиях и при тождественном уровне радиационного загрязнения (на расстоянии 50–250 м друг от друга). Отсутствие четкого ориентира не позволяет утверждать, что популяции С 1987 и 1988 г., а также 1989 и 1990 г. генетически



Adv. Space Res. Vol. 27, No. 2, pp. 355–359, 2001  
© 2001 COSPAR. Published by Elsevier Science Ltd. All rights reserved.  
Printed in Great Britain  
0273-1177/01 \$20.00 + 0.00  
PII: S0273-1177(01)00011-4  
www.elsevier.nl/locate/ast

**CYTOGENETIC STUDIES OF BLOOD LYMPHOCYTES FROM COSMONAUTS AFTER LONG-TERM SPACE FLIGHTS ON MIR STATION**

B. Fedorenko<sup>1</sup>, S. Druzhinin<sup>1</sup>, L. Yudaeva<sup>1</sup>, V. Petrov<sup>1</sup>, Yu. Akatov<sup>1</sup>, G. Snigiryova<sup>2</sup>, N. Novitskaya<sup>2</sup>, V. Shevchenko<sup>3</sup>, A. Rubanovich<sup>3</sup>

<sup>1</sup>State Research Center of the Russian Federation - Institute for Biomedical Problems, Khoroshevskoye shosse, 76-a, 123007, Moscow, Russia  
<sup>2</sup>Russian Research Center of Roentgenology and Radiology, Russian Ministry of Health, Moscow, Russia  
<sup>3</sup>Vavilov Institute of General Genetics, Moscow, Russia

**ABSTRACT**

Long-term space missions may increase risks of unfavorable consequences for cosmonauts as a result of radiation effects. This paper presents results of a study of cytogenetic damage in cosmonauts' peripheral blood lymphocytes induced by space radiation. Cultivation of lymphocytes and analysis of chromosomal aberrations were made according to generally accepted methods. It is shown that the yields of dicentric and centric rings scored after long-term space flights are considerably higher than those scored prior to the flights. An attempt was made to assess individual doses received by cosmonauts. Individual biodosimetry doses received by cosmonauts who showed a reliable increase in the yields of chromosomal-type aberrations after their first flights were estimated to be from 0.02 to 0.28 Gy.

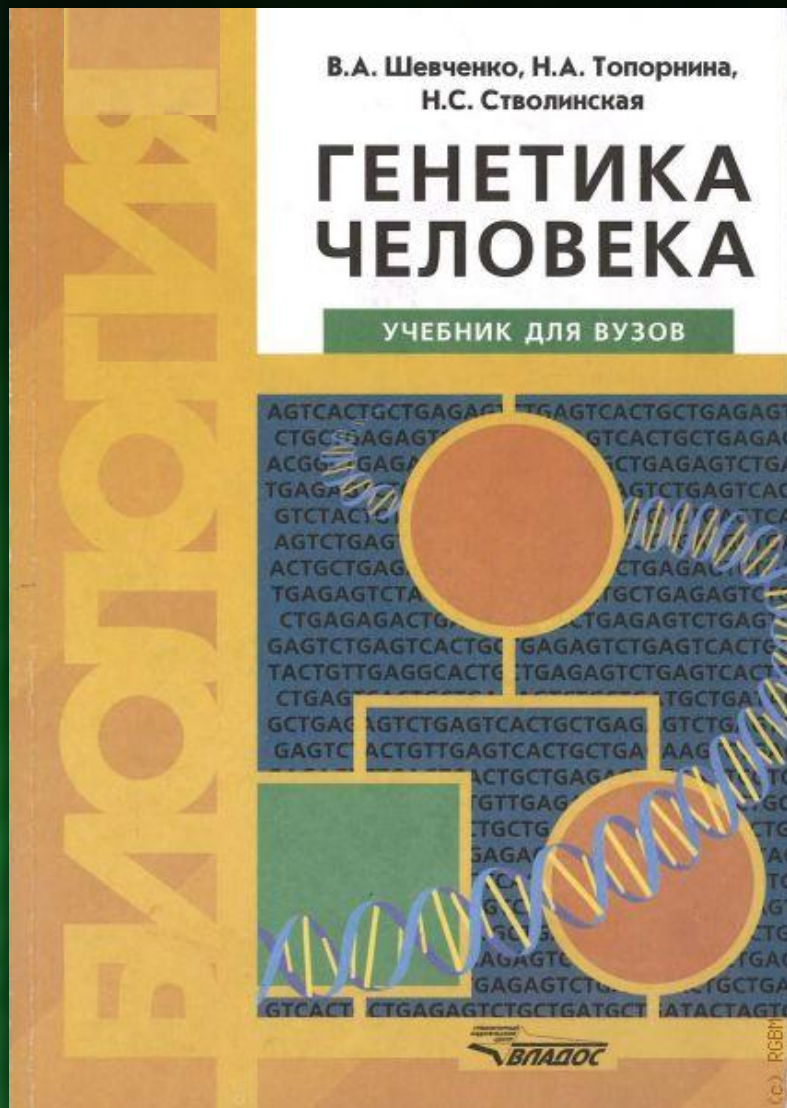
© 2001 COSPAR. Published by Elsevier Science Ltd. All rights reserved.

**INTRODUCTION**

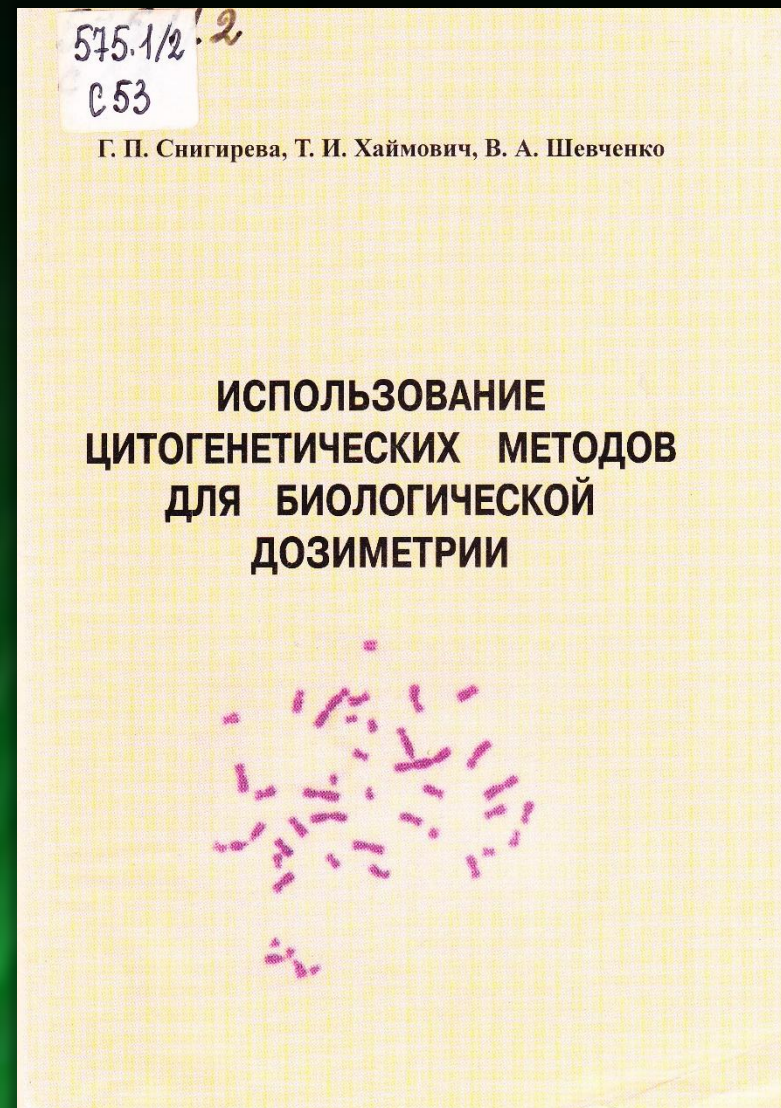
Exploration of outer space is connected with an increase in the duration and range of space flights. As a result, this may increase risks of unfavorable consequences for crews, engaged in long-term space missions, as a result of exposure to radiation. Permissible levels of radiation exposure for cosmonauts are considerably higher than those accepted for occupational workers engaged in radiation-related activities on Earth. In particular, for space flights with duration of 1 - 12 months, permissible dose limits are from 500 to 1500 mSv respectively (Temporal Norms of Radiation Safety During Space Flights "VNRB"-75, 1976). Physical dosimetry does not always allow one to correctly assess radiation exposure of cosmonauts during space flights. That is why additional information obtained from biological dosimetry is of great importance. Analysis of chromosome aberrations in human peripheral blood lymphocytes is widely used at present as one of the most advanced methods of biological dosimetry that is based on quantitative analysis of dicentric and ring chromosomes. It is known that yields of chromosomal aberrations in cosmonauts' blood lymphocytes increase after space flights (Sabatier et al., 1995; Testard et al., 1996).

This paper presents preliminary results of cytogenetic analysis of cosmonauts' peripheral blood lymphocytes after long-term space flights on MIR station.

Шевченко, В.А. Генетика человека: учебник / Шевченко В.А., Топорнина Н.А., Стволинская Н.С. — Москва : ВЛАДОС, 2002. — 239 с. : ил. — (Учебник для вузов). — ISBN 5-691-00477-8. <https://koha.benran.ru/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=251339>

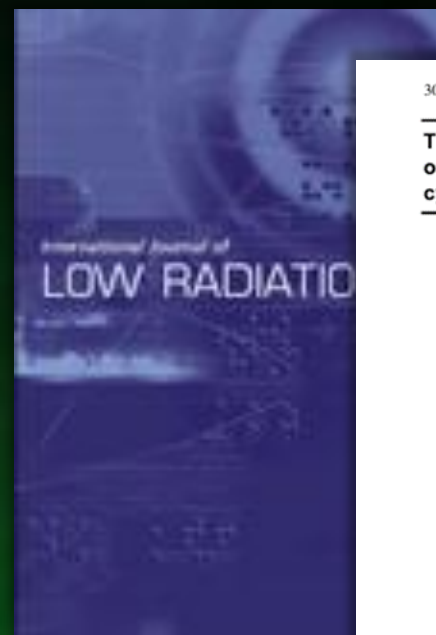


Снигирева, Г.П. Использование цитогенетических методов для биологической дозиметрии: методические рекомендации / Г.П. Снигирева, Т.И. Хаймович, В.А. Шевченко; Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, РНЦР МЗ РФ, ИОГен РАН. – Саров, 2003. – 54 с. <https://koha.benran.ru/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=2360355>



Филатова, Л. П. Многолетний мониторинг за экологическим состоянием промзоны г. Москвы с применением тест-линии *Drosophila melanogaster* / Л. П. Филатова, Н. Ш. Лаптева, В. А. Шевченко // Генетика. – 2004. – Т. 40, № 3. – С. 343-346.  
<https://viewer.benran.ru/ru/beno1000389580?page=57&rotate=0&theme=white>

The influence of very low dose rate gamma-radiation on genetic structures of mice: molecular and cytogenetic study / A. N. Osipov, A. L. Elakov, P. V. Puchkov [et al.] // International Journal of Low Radiation. – 2004. – Vol. 1, No. 3. – P. 300-308. – <https://doi.org/10.1504/IJLR.2004.005429>



300 Int. J. Low Radiation, Vol. 1, No. 3, 2004

---

**The influence of very low dose rate gamma-radiation on genetic structures of mice: molecular and cytogenetic study**

---

A.N. Osipov\*, A.L. Elakov, P.V. Puchkov and V.D. Sypin

Moscow Scientific and Industrial Association 'Radon',  
7th Rostovsky lane 2/14, 119121, Moscow, Russia  
E-mail: aosipov@radon.ru  
\*Corresponding author

M.D. Pomerantseva, L.K. Ramaiya and V.A. Shevchenko

N.I. Vavilov Institute of General Genetics,  
Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

D.Yu. Klokov

Institute of Theoretical and Experimental Biophysics,  
Russian Academy of Sciences, Pushchino, Moscow Region, Russia

**Abstract:** The results of investigation of molecular genetic and cytogenetic characteristics of CBA/lac male mice exposed to continuous very low dose rate gamma-radiation (0.17 cGy/day) during 40, 80, 120, and 210 days are presented in this study. Total accumulated doses were 6.8, 13.6, 20.4, 35.7 cGy, respectively. The parameters studied were levels of DNA-protein cross-links (DPCs) and DNA breaks in spleen lymphocytes (SLs), as well as percentage of bone marrow polychromatic erythrocytes with micronuclei (MNPCEs) and peripheral blood normochromatic erythrocytes with micronuclei (MNNCEs), using the DNA precipitation, the DNA alkali unwinding, the single cell gel electrophoresis (comet) assays and the micronucleus test, respectively. In addition, the induction of DNA damage in SLs after incubation with hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> at 0.1–5 mM) was studied.

An increase in the sensitivity of SLs to H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> was revealed at 40 days of irradiation (6.7 cGy) as compared to SLs from non-irradiated control animals. However, after 120 days of exposure to radiation (20.4 cGy), SLs became more resistant to H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> treatment. This effect could be attributed to a development of adaptation processes triggered upon accumulation of a certain dose (in our experiments it is ~20 cGy). Beginning from 80 days of irradiation (13.6 cGy), an increased level of DNA relaxation was observed, most likely indicating the induction of proliferation of SLs. Noteworthy is that populations of cells with markedly high level of DNA damage and apoptotic cells were registered. A level of DPCs in SLs was increased at 40 days of point only. No increase in bone marrow MNPCE or peripheral blood MNNCE in mice continuously exposed to very low-dose rate radiation was registered as compared with non-irradiated mice.

Copyright © 2004 Inderscience Enterprises Ltd.

Shevchenko, V. A., Snigiryova, G. P., & Fedorenko, B. S. (2004). Cytogenetic effects in human beings exposed to irradiation on the Earth and in space. [In The Effects of Low Dose Radiation: New aspects of radiobiological research prompted by the Chernobyl nuclear disaster \(pp. 30-49\). Brill Academic Publishers.](#)

Абрамов, В. И. Генетические эффекты малых доз хронического облучения формирующихся семян *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh / В. И. Абрамов, А. В. Рубанович, Д. А. Шевченко // Генетика. – 2005. – Т. 41, № 9. – С. 1244-1250.  
<https://viewer.benran.ru/ru/beno1000389561?page=94&rotate=0&theme=white>

## The Effects of Low Dose Radiation

New aspects of radiobiological research prompted by the Chernobyl nuclear disaster

Elena B. Burlakova and V. A. Shevchenko

VSP

### Cytogenetic effects in human beings exposed to irradiation on the Earth and in space

V.A. Shevchenko<sup>1</sup>, G.P. Snigiryova<sup>2</sup>, and B.S. Fedorenko<sup>3</sup>

- <sup>1</sup> N.I. Vavilov Institute of General Genetics, Russian Academy of Science, Moscow, Russia
- <sup>2</sup> Russian Research Center of Roentgen-Radiology, Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia
- <sup>3</sup> State Research Center of the Russian Federation, Institute of Biomedical Problems, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

#### ABSTRACT

This work represents a review of relative radiosensitivity of different biological markers used for bio-indication and biological dosimetry in radiobiological studies. Cytogenetic effects observed in lymphocytes of spacemen participated in space flights at the MIR station and ISS (37 spacemen) and the effects revealed in human beings exposed to irradiation during radiation situations on the Earth were compared. Expected genetic and carcinogenic risks of space flights determined in accordance with absorbed doses, calculated on the basis of unstable and stable chromosome aberration frequency, are presented.

#### INTRODUCTION

Natural background of ionizing radiation at the Earth surface consists of radioactivity of mountain rocks and outer space irradiation. The effective irradiation dose of the population from all natural sources equals, on average, 2.4 mSv per year (0.27  $\mu$ Sv/h); space irradiation at the sea level gives, on

Том 41, Номер 9

ISSN 0016-6758  
Сентябрь 2005

## ГЕНЕТИКА

журналу 40 лет



ГЕНЕТИКА, 2005, том 41, № 9, с. 1244-1250

### ГЕНЕТИКА РАСТЕНИЙ

УДК 575.224.46-582.683.2

#### ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ МАЛЫХ ДОЗ ХРОНИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ ФОРМИРУЮЩИХСЯ СЕМЯН *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh.

© 2005 г. В. И. Абрамов, А. В. Рубанович, В. А. Шевченко

Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова Российской академии наук, Москва 119991; факс: (095) 132-89-62; e-mail: abramov@ivigg.ru  
Поступила в редакцию 14.01.2005 г.

В течение шести лет, начиная с 1987 г., определяли частоты эмбриональных летальных мутаций (в том числе и хлорофилльных), возникающих в формирующихся семенах арабидопсиса, произрастающего на участках с разными уровнями радиоактивного загрязнения в 30-км зоне контроля аварии на ЧАЭС. Мощности доз хронического облучения на обследуемых участках составили от 200 мкР/ч до 2.4 Р/ч. Оценивали генетические эффекты различных уровней радиоактивного загрязнения, определяли частоты мутаций, возникших в данном поколении, и рассчитывая дозу облучения этого поколения. Показано, что зависимость частоты мутаций от дозы облучения представляет степенную функцию с показателем степени меньше единицы, что свидетельствует об относительно более высокой эффективности низких доз радиации. В работе рассматриваются возможные объяснения этого феномена.

У растений, произрастающих на загрязненных участках, определить суммарную дозу облучения на поколение затруднительно, поскольку семена дикорастущих растений прорастают не все сразу после попадания в землю – часть из них остается в покое, накапливая дозу облучения и прорастая порционно в последующие годы. По этой же причине нельзя точно сказать, какое по счету поколению анализируется. У семян же, собранных с загрязненных участков, можно определить дозу облучения. Суммарная доза хронического облучения формирующихся в поле семян представляет произведение мощности дозы на период времени, в течение которого из зиготы формируется зрелое семя. Для дикорастущего арабидопсиса этот период составляет в среднем один месяц.

Достаточно точно установлено, что в семени арабидопсиса число инициальных клеток, из которых образуются репродуктивные органы, составляет две и более в зависимости от условий произрастания [1, 2]. При этом показано, что каждый стручок образован потомством одной инициальной клетки. Это означает, что при облучении семени все растения  $M_1$ , как правило, будут химерными по вновь возникшим мутациям, поскольку вероятность мутирования одного и того же локуса сразу в двух инициальных клетках очень мала. Это тем более справедливо при тех дозах облучения, с которыми мы имели дело – от 0.2 сГр до 20 Гр.

Следует иметь в виду, что не только при облучении семени в  $M_1$  образуются химеры по вновь возникшим мутациям. По данным Шевченко с со-

авт. [3], при остром облучении цветков арабидопсиса химерные растения появлялись, начиная с 12 ч после опыления, т.е. при первом делении апикальной клетки. Причем у всех химерных растений независимо от того, через сколько часов после опыления была индуцирована мутация, величина мутантного сектора составляла около 50%, т.е. число инициальных клеток равнялось двум.

Таким образом, наличие у арабидопсиса двух и более инициальных клеток репродуктивной меристемы позволяет дифференцировать мутационный груз, возникший в данном поколении, – это доля химерных растений от ранее индуцированного груза, представленного частотой полных гетерозигот по летелям.

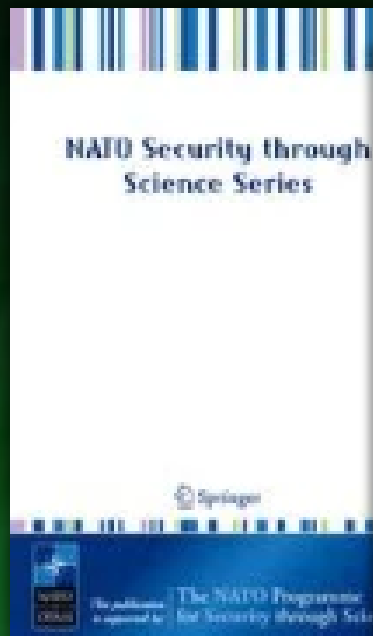
Итак, мы можем определить частоту мутаций, индуцированных в данном поколении, и вычислить дозу ионизирующего излучения, которая ответственна за эффект хронического облучения этого поколения. Наличие нескольких участков с градиентом уровней радиоактивного загрязнения дает возможность получения дозовых зависимостей хронического облучения арабидопсиса для каждого года исследования.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучение генетических эффектов малых доз радиации проводили на растениях, выращенных в теплице из семян, сформированных в условиях хронического облучения на экспериментальных участках 30-км зоны контроля аварии на ЧАЭС. Определяли частоту рецессивных эмбриональ-

Genetic effects of chronic gamma-irradiation at a low dose rate: experimental study on CBA/lac mice / A. N. Osipov, A. L. Elakov, P. V. Puchkov [et al.] // NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security. – 2005. – Vol. XVI. – P. 299-304.

[https://doi.org/10.1007/1-4020-3650-7\\_34](https://doi.org/10.1007/1-4020-3650-7_34)



GENETIC EFFECTS OF CHRONIC GAMMA-IRRADIATION AT A LOW DOSE RATE: EXPERIMENTAL STUDY ON CBA/LAC MICE

A.N. OSIPOV, A.L. ELAKOV, P.V. PUCHKOV, V.D. SYPIN  
Moscow Scientific and Industrial Association "Radon", 7th Rostovsky lane 2/14, Moscow, 119121, RUSSIA;  
E-mail: aosipov@radon.ru

M.D. POMERANTSEVA, L.K. RAMAIYA, V.A. SHEVCHENKO  
N.I. Vavilov Institute of General Genetics, Russian Academy of Sciences Gubkin str. 3, Moscow, 119991, RUSSIA.

1. Introduction

In contrast to high doses of ionizing radiation, the negative effect of which is beyond doubt, the question of whether the action of low doses is harmful or useful remains open. As follows from literature data [1-3] and the results of our studies [4,5], low-dose ionizing radiation induces a complex of biochemical and biophysical reactions in the animals' organism. However, it is not clear whether these changes are the result of adaptation of the organism to an increased radiation background and whether the action of low doses leads to significant genetic consequences.

In the present work we have studied the level of DNA strandbreaks in spleen lymphocytes, the percentage of normochromatic erythrocytes (NCE) with micronuclei (MN) in peripheral blood as well as the frequency of abnormal sperm heads (ASH) in mice exposed to continuous low dose-rate gamma-radiation.

2. Materials and methods

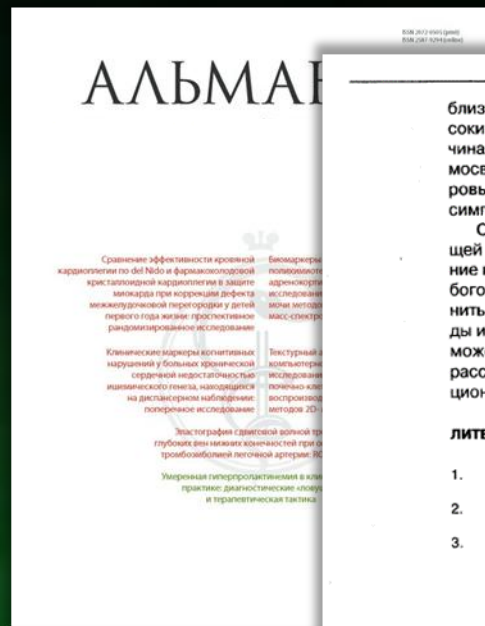
12-14 g CBA/lac mice (3-4 weeks old) purchased from Stolbovaya (Russian Academy of Medical Sciences) were used for this experiment. The animals were housed in plastic cages 7 days before irradiation. Food and sterile water were provided *ad libitum*. The control and experimental animals were maintained under identical conditions (20±2°C, 50±10% relative humidity, 12-hr light/dark cycle).

The mice were irradiated using a UOG-1 device (course Cs-137, dose rate 0.17 cGy/day) during 80, 120, 210 and 365 days. The dose-rate of radiation was controlled with a DRG-01T radiometer (Russia). The irradiation was 24 h a day with a short break (10-15 min) to attend to the animals. The total dose received by the animals made up 13.6, 20.4, 35.7 and 63.5 cGy respectively. Dosimetry was performed using FLi detectors TLD-100 (Sweden) and DTG-4 (Russia). The measurements were made using RE-1 (RADOS, Finland) and DTF-01 (Russia) devices.

At the 80, 120, 210 and 365th day the animals were decapitated and the spleen and testes were removed. The suspension of spleen cells in PBS with 3 mM NaN<sub>3</sub>, and cooled to 4°C, was filtered through a nylon net. The concentration of cells was counted in a Goryaev's chamber.

Шевченко, В. А. Значимость цитогенетического обследования для оценки последствий Чернобыльской катастрофы / В. А. Шевченко, Г. П. Снигирева // Альманах клинической медицины. – 2006. – № 10. – С. 165-176.

[https://elibrary.ru/download/elibrary\\_9478188\\_79504678.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_9478188_79504678.pdf)



близких к предельно допустимой или даже превышающих ее. Высоки оценки риска у значительной части профессионалов. Величина воспринимаемого риска оказывается в определенной взаимосвязи с уровнем образования, самооценкой состояния здоровья, выраженностью психической дезадаптации, наличием симптомов депрессии и отдаленных признаков ПТСР.

Особенности восприятия риска от воздействия ионизирующей радиации могут оказать серьезное модифицирующее влияние на социальное поведение личности, внутреннюю картину личного заболевания, в том числе обычного происхождения, изменить субъективный прогноз, социально-психологические установки и социальную адаптацию в целом. Высокое восприятие риска может оказаться предиктором развития психических расстройств. При этом собственно механизм восприятия радиационного риска требует дальнейшего изучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архангельская Г.В., Зыкова И.А. // *Международ. журн. радиац. мед.*, 2003. – № 5(1-2). – С. 146-151.
2. Кроз М.В., Липатов С.А., Чинкина О.В. // *Вопр. психол.*, 1993. – № 5. – С. 59-66.
3. Мартошов А.Н. Восприятие радиационного риска и психологический дистресс: сравнительный анализ двух исследований по проекту изучения социально-психологических последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Актуальные и прогнозируемые нарушения психического здоровья после ядерной катастрофы в Чернобыле. // *Матер. междунар. конф.* – Киев, 1995. – С. 146.
4. Румянцев Г.М., Чинкина О.В., Левина Т.М. и др. // *Рос. психиатр. журн.*, 1998. – № 2. – С. 35-40.
5. Тарабрина Н.В., Петрухин Е.В. // *Психол. журн.*, 1994. – Т. 15, № 1. – С. 47-71.
6. Goldberg D., Williams P. // *A user's guide to the general health questionnaire*. – Nfer-Nelson, Windsor, Berkshire, 1988. – P. 129.
7. Horowitz M., Wilner N., Alvarez W. // *Psychosomatic med.* – 1979. – V. 41, № 3. – P. 209-218.

ЗНАЧИМОСТЬ ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ КАТАСТРОФЫ

В.А. Шевченко, Г.П. Снигирева  
Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва  
ФГУ РНЦ рентгено радиологии Росздрав, Москва

За два десятилетия, прошедших со дня аварии на Чернобыльской АЭС, накоплен обширный материал, касающийся обследования людей, подвергшихся радиационному воздействию.

Shevchenko, V.A. (2006). Assessment of radiation genetic risk in man. In: Cigna, A.A., Durante, M. (eds) Radiation Risk Estimates in Normal and Emergency Situations. NATO Security through Science Series. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/1-4020-4956-0\\_22](https://doi.org/10.1007/1-4020-4956-0_22)



Цитогенетические эффекты в лимфоцитах крови космонавтов при малых дозах космического излучения / Б. С. Федоренко, Г. П. Снигирева, А.Н. Богомазова, Н.Н. Новицкая, В.А. Шевченко // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2008. – Т. 42, № 3. – С. 13-17. <https://koha.benran.ru/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=337805>



<sup>†</sup> Dr. Shevchenko past away shortly before the meeting.

Цитогенетические эффекты в лимфоцитах крови космонавтов при малых дозах космического излучения

**ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В ЛИМФОЦИТАХ КРОВИ КОСМОНАВТОВ ПРИ МАЛЫХ ДОЗАХ КОСМИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

**Б.С.Федоренко, Г.П.Снигирева\*, А.Н.Богомазова\*, Н.Н.Новицкая\*, В.А.Шевченко\*\***

Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН  
\*Федеральное государственное учреждение – Российский научный центр рентгенорадиологии Росмедтехнологий  
\*\*Институт общей генетики им. В.И.Вавилова РАН

Проведен анализ цитогенетических изменений в культуре лимфоцитов крови 37 космонавтов, принимавших участие в космических полетах (КП) различной продолжительности. Показано, что длительное пребывание человека в космосе приводит к увеличению частоты стабильных и нестабильных хромосомных aberrаций. Частота дисцентриков и центрических колец зависит от продолжительности полета, величины накопленной дозы и мощности дозы космического излучения. Работа в открытом космосе приводит к дополнительному увеличению частоты хромосомных aberrаций в лимфоцитах крови космонавтов. Установлено, что даже спустя несколько лет после окончания КП в лимфоцитах крови космонавтов сохраняется измененный уровень хромосомных aberrаций. По частоте симметричных транслокаций, измеренной с помощью FISH-метода, средняя доза космического излучения после первого длительного полета составила 110 мГр, что хорошо согласуется с данными биодозиметрии, полученными на основании частоты дисцентриков и центрических колец (140 мГр). Авиакосмическая и экологическая медицина. 2008. Т. 42. № 3. С. 13–18

Анализ хромосомных aberrаций в лимфоцитах периферической крови широко используется для индикации и количественной оценки радиационного воздействия на человека. Определение частоты дисцентрических хромосом лежит в основе одного из наиболее распространенных методов биологической дозиметрии. Сравнивая данные по частоте дисцентриков с кривой зависимости доза–эффект для гамма-излучения, полученной в эксперименте in vitro, можно достаточно корректно оценить дозу излучения. Однако использование частоты дисцентриков для целей биологической дозиметрии часто ограничено интервалом между радиационным воздействием и проведением цитогенетического анализа. Это обусловлено снижением со временем после облучения количества клеток, которые в связи с этим получили название «нестабильные хромосомные aberrации». Поэтому в ретроспективных дозиметрических исследованиях все чаще применяют анализ стабильных хромосомных aberrаций, в основном реципрокных транслокаций, частота которых остается достаточно стабильной в течение

длительного времени после радиационного воздействия. Анализ стабильных aberrаций хромосом с использованием техники флуоресцентной in situ гибридизации клеток (FISH-техника) после облучения in vivo и in vitro в широком диапазоне доз посвящены многочисленные работы [4, 11, 13, 17–19]. Из-за высокой чувствительности метод биологической дозиметрии, в основе которого лежит анализ хромосомных aberrаций, нашел свое применение в космической биологии и медицине при обследовании космонавтов [6, 8, 10, 14, 15].

Во время полетов космонавты находятся под влиянием малых доз космического излучения (КИ), особенно которого является наличие в его составе тяжелых ядер высоких энергий с большими зарядами. Именно эти особенности обуславливают их высокую проникающую способность в живую ткань и более высокую биологическую эффективность по сравнению со стандартным излучением. По мере увеличения длительности и дальности космических полетов (КП) радиационная нагрузка на космонавтов будет возрастать. Это может приводить к снижению работоспособности и ухудшению здоровья экипажа, а в будущем возможно появление отдаленных неблагоприятных последствий, в том числе онкологических заболеваний. В связи с этим одним из необходимых условий оценки радиационной опасности КИ является получение объективной информации о дозах КИ, полученных в полете. В определенной мере эта задача может быть решена с помощью цитогенетического обследования космонавтов. Результаты такого обследования позволяют получить количественную оценку степени радиационного воздействия на организм космонавта с учетом его индивидуальных особенностей.

Целью работы явилось изучение влияния малых доз КИ на частоту стабильных и нестабильных хромосомных aberrаций в лимфоцитах периферической крови космонавтов, принимавших участие в экспедициях на орбитальной станции «Мир» и Международной космической станции. Задачи исследования предполагали проведение до- и послеполетного анализа уровня стабильных и нестабильных хромосомных aberrаций, определение доз облучения космонавтов на основании данных цитогенетического анализа, а также выяснение влияния

Библиотека Института общей генетики РАН  
Отдел Библиотеки по естественным наукам РАН

e-mail: [biblioteka@vigg.ru](mailto:biblioteka@vigg.ru)



<https://vk.com/bibliogen>



<https://max.ru/join/ZyK36XMIWq5luHmjKcfsnrXop6oCmGx8onlXf88r-al>

2026