
The background of the cover is an aerial photograph of a river winding through a lush green landscape. A large, semi-transparent circular graphic is centered in the upper half of the image, containing the title text. The text is in a bold, sans-serif font with a white outline and a light blue fill. The overall color palette is dominated by greens and blues.

ПОСЛЕДСТВИЯ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕКИ ТЕЧИ

Под редакцией
доктора медицинских наук,
профессора А. В. Аклеева

ФЕДЕРАЛЬНОЕ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО
УРАЛЬСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
РАДИАЦИОННОЙ МЕДИЦИНЫ

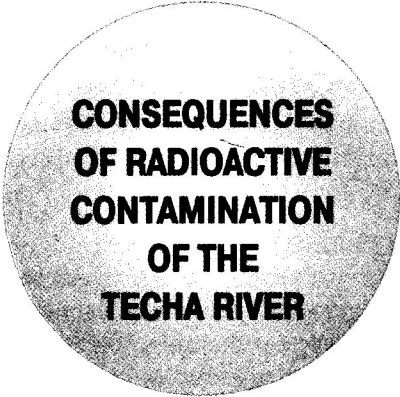


**ПОСЛЕДСТВИЯ
РАДИОАКТИВНОГО
ЗАГРЯЗНЕНИЯ
РЕКИ ТЕЧИ**

Под редакцией доктора медицинских наук,
профессора А. В. Аклеева

Челябинск • 2016

FEDERAL MEDICAL-BIOLOGICAL AGENCY
URALS RESEARCH CENTER FOR RADIATION MEDICINE



**CONSEQUENCES
OF RADIOACTIVE
CONTAMINATION
OF THE
TECHA RIVER**

Under the editorship of Professor
A. V. Akleyev, MD, PhD

Chelyabinsk · 2016

УДК 612.014.482

ББК 53.6

П62

Рецензенты:

А. Н. Гребенюк — профессор кафедры военной токсикологии и медицинской защиты Военно-медицинской академии им. С. М. Кирова, доктор медицинских наук, профессор;

А. Ю. Бушманов — заместитель директора ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр имени А. И. Бурназяна», доктор медицинских наук, профессор

Последствия радиоактивного загрязнения реки Течи /
П62 под ред. доктора медицинских наук, профессора А. В. Аклеева. — Челябинск : «Книга», 2016. — 400 с. : ил., табл.

ISBN 978-5-7135-0730-5

В коллективной монографии сотрудников Уральского научно-практического центра радиационной медицины ФМБА России обобщены результаты многолетних наблюдений за состоянием здоровья населения прибрежных сел реки Течи, подвергшегося хроническому радиационному воздействию. Радиоактивное загрязнение речной системы было связано со сбросом жидких радиоактивных отходов комбинатом «Маяк» в 1949–1956 гг. В монографии рассматриваются экологические, медико-биологические и социально-психологические последствия радиоактивного загрязнения реки Течи. Книга рекомендуется специалистам в области радиоэкологии, радиобиологии, радиационной медицины, гигиены и безопасности. Книга может быть использована в качестве учебного пособия для студентов биологических и медицинских факультетов университетов.

УДК 612.014.482

ББК 53.6

ISBN 978-5-7135-0730-5

© Аклеев А. В., 2016

UDK 612.014.482
BBK 53.6
C62

Reviewers:

A. N. Grebenyuk, MD, Professor of the Military Toxicology and Medical
Defense Faculty of S. M. Kirov Military Academy
A. Yu. Bushmanov, MD, Professor, Deputy Director of Federal State Institution
«A. I. Burnazyan Federal Medical and Biophysical Center»

Consequences of radioactive contamination of the Techa
C62 **River** / Edited by Professor A. V. Akleyev, MD, PhD. — Chelyabinsk :
«Kniga», 2016. — 400 p. : ill., tbls.

ISBN 978-5-7135-0730-5

Multi-authored monograph of the researchers of the Urals Research Center for Radiation Medicine of FMBA of Russia summarizes the results of long-term follow up of the health status of chronically exposed population of the Techa riverside villages. Radioactive contamination of the river system resulted from the discharges of liquid radioactive wastes by «Mayak» PA in 1949–1956. The monograph discusses the environmental, medical- biological, social and psychological consequences of radioactive contamination of the Techa River. The book is addressed to experts in the field of radioecology, radiobiology, radiation medicine, hygiene and safety. The book can be used as a textbook for students of University School of Biology and Medicine.

UDK 612.014.482
BBK 53.6

ISBN 978-5-7135-0730-5

© Akleyev A.V., 2016

Содержание

Введение.....	16
Список сокращений.....	18
1. Современное представление о радиоактивном загрязнении реки Течи Производственным объединением «МАЯК» в 1949–1956 гг. (М. О. Дегтева, М. И. Воробьева, Н. Б. Шагина)	22
1.1. Краткое описание ПО «Маяк» как источника загрязнения реки Течи	23
1.2. Хранение и переработка ЖРО в 1949–1951 гг.....	27
1.3. Мониторинг сбросов ЖРО в реку Течу.....	31
1.4. Реконструкция сбросов ЖРО в реку Течу	34
1.5. Загрязнение реки Течи в период сбросов.....	40
Литература к главе 1	45
2. Радиоэкологические последствия загрязнения реки Течи. Источники вторичного загрязнения реки (С. С. Андреев)	48
2.1. Закономерности поведения ^{90}Sr и ^{137}Cs в донных отложениях.....	48
2.2. Характеристика состояния ^{90}Sr и ^{137}Cs в пойменных почвах.....	52
2.3. Связь уровней загрязнения пойменных почв и растительности.....	56
2.3.1. ^{137}Cs и ^{90}Sr в почвенно-растительной системе	56
2.3.2. Плутоний в почвенно-растительной системе реки Течи	63
2.4. Радиационно-экологическая ситуация в населенных пунктах, расположенных на прибрежной территории реки Течи	68
2.4.1. Плотности загрязнения радионуклидами почвы в населенных пунктах.....	69
2.4.2. Объемная активность ^{90}Sr и ^{137}Cs в воде реки Течи.....	74
2.4.3. Поступление ^{90}Sr и ^{137}Cs в организм жителей с продуктами питания местного производства	75
2.5. Экспериментальные исследования на пойме реки Течи	84
2.5.1. Опытный выпас молочного и мясного скота.....	84
2.5.2. Опытное выращивание огородных и полевых культур.....	87
2.6. Источники вторичного загрязнения реки	89
Литература к главе 2	101

Content

Introduction	16
List of abbreviations	18
1. Present-day view of radioactive contamination of the Techa River by «Mayak» Production Association in 1949–1956 (M. O. Degteva, M. I. Vorobyova, N. B. Shagina)	22
1.1. Brief description of «Mayak» PA as a source of the Techa River contamination	23
1.2. Storage and processing of LRW in 1949–1951	27
1.3. Monitoring of the LRW releases into the Techa River	31
1.4. Reconstruction of LRW releases into the Techa River.....	34
1.5. Techa River contamination during the period of waste discharges.....	40
References.	45
2. Radioecological consequences of the Techa River contamination. Sources of secondary contamination of the river (S. S. Andreyev) ...	48
2.1. Regularities of ^{90}Sr and ^{137}Cs behavior in bottom sediments	48
2.2. Characteristics of ^{90}Sr and ^{137}Cs status in floodplain soils	52
2.3. Interconnection of the contamination level in floodplain soil and vegetation	56
2.3.1. ^{137}Cs and ^{90}Sr in soil-plant system.....	56
2.3.2. Plutonium in soil-plant system of the Techa River	63
2.4. Radio — ecological situation in settlements located on the Techa riverside area.....	68
2.4.1. Density of radionuclide contamination of soil in settlements.....	69
2.4.2. Volumetric activity of ^{90}Sr and ^{137}Cs in water of the Techa River	74
2.4.3. ^{90}Sr and ^{137}Cs bodily intake by population with locally produced products.....	75
2.5. Experimental studies on the Techa River floodplain	84
2.5.1. Experimental grazing of dairy and beef cattle	84
2.5.2. Experimental cultivation of garden and field crops.....	87
2.6. Sources of secondary contamination of the river.....	89
References	101

3. Дозы облучения населения, проживавшего на реке Тече (М. О. Дегтева, Е. И. Толстых, Н. Б. Шагина, Е. А. Шишкина, Н. Г. Бугров, М. И. Воробьева, А. В. Возилова).....	105
3.1. Реконструкция доз внутреннего облучения.....	105
3.2. Реконструкция доз внешнего облучения	124
3.3. Дозиметрическая система реки Течи.....	135
3.4. Оценка доз, полученных в период внутриутробного развития.....	145
3.5. Перспективы развития дозиметрической системы.....	146
Литература к главе 3	147
4. Медицинское наблюдение за жителями прибрежных сел реки Течи (А. В. Аклеев, Е. Ю. Буртовая).....	156
Литература к главе 4	164
5. Состояние гемопоэза у жителей прибрежных сел реки Течи (А. В. Аклеев, Т. А. Варфоломеева).....	166
5.1. Состояние костномозгового кроветворения в период максимального радиационного воздействия	168
5.2. Частота патологических митозов и интерфазных аномалий в костномозговых клетках.....	173
5.3. Клеточный состав периферической крови в период максимального радиационного воздействия (1951–1956 гг.).....	176
5.4. Динамика восстановления клеточного состава крови у лиц, подвергшихся хроническому облучению	181
5.5. Состояние гемопоэза у жителей прибрежных сел реки Течи	189
Литература к главе 5	193
6. Хронический лучевой синдром (А. В. Аклеев).....	195
6.1. Эпидемиология ХЛС.....	195
6.2. Дозы облучения	197
6.3. Клинические проявления ХЛС	199
6.4. Патогенез	209
6.5. Проблемы диагностики ХЛС.....	212
Литература к главе 6	217
7. Функциональное состояние нейтрофильных гранулоцитов у жителей прибрежных сел реки Течи в отдаленные сроки (А. А. Аклеев).....	220

3. Exposure doses to the Techa riverside residents (M. O. Degteva, E. I. Tolstykh, N. B. Shagina, E. A. Shishkina, N. G. Bugrov, M. I. Vorobyova, A. V. Vozilova)	105
3.1. Reconstruction of internal exposure doses	105
3.2. Reconstruction of external exposure doses.....	124
3.3. Techa River Dosimetry System	135
3.4. In utero exposure dose estimation	145
3.5. Prospects for further development of the dosimetry system.....	146
References	147
4. Medical follow up of the residents of the Techa riverside villages (A. V. Akleyev, E. Yu. Burtovaya).....	156
References	164
5. Status of hematopoiesis in residents of the Techa riverside villages (A. V. Akleyev, T. A. Varfolomeyeva)	166
5.1. Status of bone-marrow hematopoiesis during the period of maximal radiation exposure.....	168
5.2. Frequency of pathological mitosis and interphase anomalies in bone marrow cells.....	173
5.3. Cellular composition of the peripheral blood during the period of maximal radiation exposure (1951-1956).....	176
5.4. Dynamics of cellular composition restoration in chronically exposed persons.....	181
5.5. The status of hematopoiesis in residents of the Techa riverside villages	189
References	193
6. Chronic radiation syndrome (A. V. Akleyev).....	195
6.1. CRS epidemiology	195
6.2. Exposure doses.....	197
6.3. Clinical manifestations of the CRS.....	199
6.4. Pathogenesis	209
6.5. CRS diagnosis challenges.....	212
References	217
7. Functional status of neutrophilic granulocytes in residents of the Techa riverside villages at later time points (A. A. Akleyev)	220

7.1. Функциональная активность и интенсивность апоптоза нейтрофилов периферической крови у облученных лиц в отдаленные сроки	221
7.2. Функциональная активность нейтрофилов у лиц, перенесших ХЛС и имеющих отдаленную нейтропению	228
7.3. Влияние факторов радиационной и нерадиационной природы на состояние нейтрофилов периферической крови у жителей прибрежных сел реки Течи в отдаленные сроки	233
7.3.1. Зависимость выявленных изменений от дозы и мощности дозы облучения ККМ	233
7.3.2. Влияние факторов нерадиационной природы на систему нейтрофильных гранулоцитов у жителей прибрежных сел реки Течи в отдаленные сроки	237
Литература к главе 7	246
8. Частота хромосомных aberrаций и апоптоз лимфоцитов периферической крови в отдаленные сроки (А. В. Возилова, М. О. Дегтева, Н. Б. Шагина, Е. И. Толстых, А. В. Аклеев, Е. А. Блинова)	250
8.1. Частота хромосомных aberrаций как маркер воздействия ионизирующего излучения на человека	250
8.1.1. Частота нестабильных хромосомных aberrаций у жителей прибрежных сел реки Течи	252
8.1.2. Частота стабильных хромосомных aberrаций	256
8.1.3. Перспективы развития цитогенетических исследований	259
8.2. Апоптогическая гибель клеток	259
Литература к главе 8	266
9. Отдаленные соматико-стохастические эффекты (Л. Ю. Крестинина, А. В. Аклеев)	270
9.1. Формирование когорты	271
9.2. Организация наблюдения	275
9.3. Статистические методы	283
9.4. Описание смертности от всех причин	284
9.5. Анализ радиационного риска	289
9.6. Риск смерти от сердечно-сосудистых заболеваний	289
9.7. Риск смерти от солидных ЗНО	295
9.8. Анализ заболеваемости солидными ЗНО в КРТЗ	300
9.9. Анализ заболеваемости лейкозами и гемобластомами в КРТ	314

7.1. Functional activity and rate of the apoptosis of the peripheral blood neutrophils in exposed persons at later time points	221
7.2. Functional activity of neutrophils in persons with CRS and late neutropenia.....	228
7.3. Influence of radiation and non-radiation factors on the peripheral blood neutrophils in residents of the Techa riverside villages at later time points	233
7.3.1. Dependency of the revealed changes on dose and dose rate to RBM.....	233
7.3.2. Influence of non-radiation factors on neutrophilic granulocyte system in residents of the Techa riverside villages at later time points	237
References	246
8. Frequency of chromosome aberrations and apoptosis of peripheral blood lymphocytes at later time points (A. V. Vozilova, M. O. Degteva, N. B. Shagina, E. I. Tolstykh, A. V. Akleyev, E. A. Blinova).....	250
8.1. Frequency of chromosome aberrations as a marker of the effect of ionizing radiation on man.....	250
8.1.1. Frequency of unstable chromosome aberrations in residents of the Techa riverside villages	252
8.1.2. Frequency of stable chromosome aberrations	256
8.1.3. Prospects for further development of cytogenetic research.....	259
8.2. Apoptotic cell death.....	259
References	266
9. Late somatic-stochastic effects (L. Yu. Krestinina, A. V. Akleyev).....	270
9.1. Cohort formation	271
9.2. Setting up of the follow up.....	275
9.3. Statistical methods	283
9.4. Description of mortality from all causes	284
9.5. Radiation risk analysis	289
9.6. Mortality risk for all cardio-vascular diseases	289
9.7. Solid cancer mortality risk.....	295
9.8. Solid cancer incidence analysis in TRCI	300
9.9. Leukemia and hemoblastosis incidence analysis in TRC.....	314
9.10. Strong and weak points of the research	324
References	325

9.10. Общие сильные и слабые стороны исследований в когорте реки Течи	324
Литература к главе 9	325
10. Медицинские последствия внутриутробного облучения (Л.Ю. Крестинина, Ю.Е. Харюзов, А.В. Аклеев).....	331
10.1. Создание когорты, методы наблюдения.....	331
10.2. Территория и период наблюдения	332
10.3. Источники информации и методы наблюдения за жизненным статусом членов когорты	334
10.4. Оценка доз	335
10.5. Статистические методы.....	337
10.6. Результаты.....	339
10.7. Заключение	352
Литература к главе 10.....	353
11. Психические расстройства у лиц, подвергшихся радиационному воздействию в результате радиоактивного загрязнения реки Течи (Е. Ю. Буртовая)	355
11.1. Аффективные расстройства у лиц, подвергшихся хроническому радиационному воздействию	355
11.2. Когнитивные нарушения у лиц, подвергшихся радиационному воздействию в период антенатального развития....	367
11.2.1. Характеристика психического и неврологического статуса обследованных пациентов.....	371
11.2.2. Результаты нейрофизиологических исследований.....	374
11.2.3. Результаты клинико-психологических и лабораторных исследований	377
Литература к главе 11	381
Заключение.....	387

10. Health effects of in utero exposure (L. Yu. Krestinina, Yu. E. Kharyuzov, A. V. Akleyev)	331
10.1. Cohort creation, follow up methods	331
10.2. Catchment area and follow up period	332
10.3. Sources of information and methods of the follow up of the vital status of the cohort members	334
10.4. Dose estimation	335
10.5. Statistical methods.....	337
10.6. Results	339
10.7. Conclusion.....	352
References	353
11. Psychological disorders in persons exposed to radiation due to radioactive contamination of the Techa River (E. Yu. Burtovaya)	355
11.1. Affective disorders in chronically exposed persons.....	355
11.2. Cognitive impairments in prenatally exposed persons	367
11.2.1. Characteristics of psychological and neurological status of examined patients	371
11.2.2. Findings of neuro-physiological examinations	374
11.2.3. Findings of clinical-psychological and laboratory examinations.....	377
References	381
Conclusion	387