Site and Exposure Scenario Characterization and Assessment of Radiological Impacts

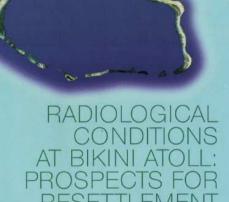
> Mikhail Balonov Institute of Radiation Hygiene St. Petersburg, Russia

Contents

- Introduction: Remediation needs worldwide
- From radiological criteria to targeted monitoring
- IAEA guidance on remediation, monitoring and modeling
- Site and exposure characterization for decontamination
- Site and exposure characterization for agricultural remediation
- Conclusions

Introduction

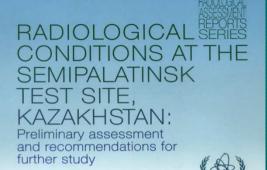
- In all continents, some currently or potentially inhabited areas are contaminated with man-made radionuclides due to either historical industrial activities or emergencies (PA Mayak area in Russia, Marshall Islands, Chernobyl affected areas in FSU countries, Goyania in Brazil, Fukushima prefecture in Japan, etc).
- In some of the affected areas the environmental remediation would result in substantial reduction of public exposure.
- The remediation of areas with elevated radiation levels presents an actual problem for a number of countries and involves significant efforts and resources.



Radiological Conditions in the Dnieper River Basin

Assessment by an international expert team and recommendations for an action plan









SITUATION AT THE ATOLLS OF MURUROA AND FANGATAUFA

IE



MAIN REPORT

on,



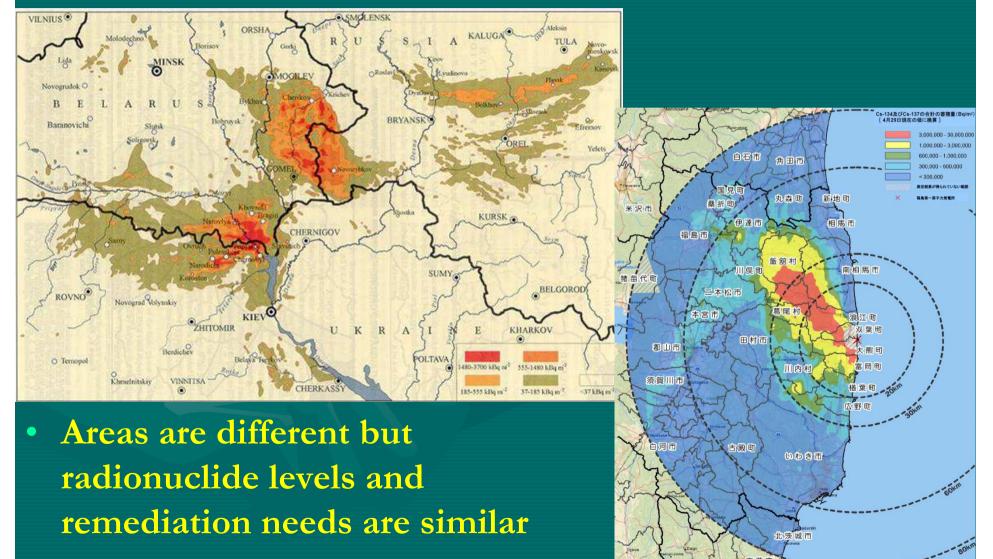
Radiological Conditions at the Former French Nuclear Test Sites in Algeria: Preliminary Assessment and Recommendations



Radiological Conditions in Areas of Kuwait with Residues of Depleted Uranium

Report by an international group of experts

Most topical areas for remediation: Chernobyl (left) and Fukushima (right)



IEM on Decommissioning and Remediation, Vienna, Jan

Generic radiological criteria

- The post-emergency remediation becomes topical after emergency response is terminated and exposure situation passes to the existing one (guidance?).
- Generic reference levels for optimization of remediation efforts in the existing exposure situations have been suggested by ICRP and IAEA as a range of annual effective dose of the Representative Person.
 - International guidance on the selection of appropriate reference levels for typical exposure conditions of the general public is not available yet (except of radon exposure).

Derived reference levels

- The derived reference levels (ambient dose rate and/or radionuclide concentration in environmental media and foodstuffs) are more suitable for practical application.
- While generic dose criteria can be elaborated in advance for typical conditions, the derived reference levels (DRLs) are rather event/area specific.
- DRLs can be calculated from the generic RLs by means of appropriate models with event/area specific parameters.

Assessment of event/area specific DRLs

- Numerous international [IAEA], regional [PC CREAM, ResRad] and national [eg ECOSYS-87, PATHWAY, etc] radioecological models can be used.
- Those models address major human exposure pathways and take account of:
 - fallout isotopic composition,
 - ecosystem characteristics,
 - population age-sex and social structure and lifestyle,
 - dwelling types, and
 - food rations, etc.

Human exposure pathways

Internal dose from inhalation of radioactive materials in the air.

Internal dose from eating and drinking radioactive materials in food.

External radiation direct from cloud.

Internal dose from breathing in sea spray and sand.

XXXXXXXXX

from

External dose direct

materials deposited

on the ground.

radioactive

Existing IAEA guidance on environmental modeling



TECHNICAL REPORTS SERIES NO. 472

Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments

Safety Reports Series No.19

Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment

🛞 International Atomic Energy Agency, Vienna, 2001

Currently under revision

Monitoring for remediation purposes

- The radiological characteristics of the environment considered as candidate for remediation should be compared with DRLs
- Targeted environmental radiation monitoring is, therefore, necessary
 - Monitoring grid should be commensurate with: – Non-uniformity of area deposition of radionulides, – Scale of local remediation actions

IAEA guidance on generic and remediation-specific Monitoring

IAEA Safety Standards

Environmental and Source Monitoring for Purposes of Radiation Protection

Safety Guide No. RS-G-1.8



Safety Reports Series No.64

> Programmes and Systems for Source and Environmental Radiation Monitoring

Safety Reports Series No.72

> Monitoring for Compliance with Remediation Criteria for Sites





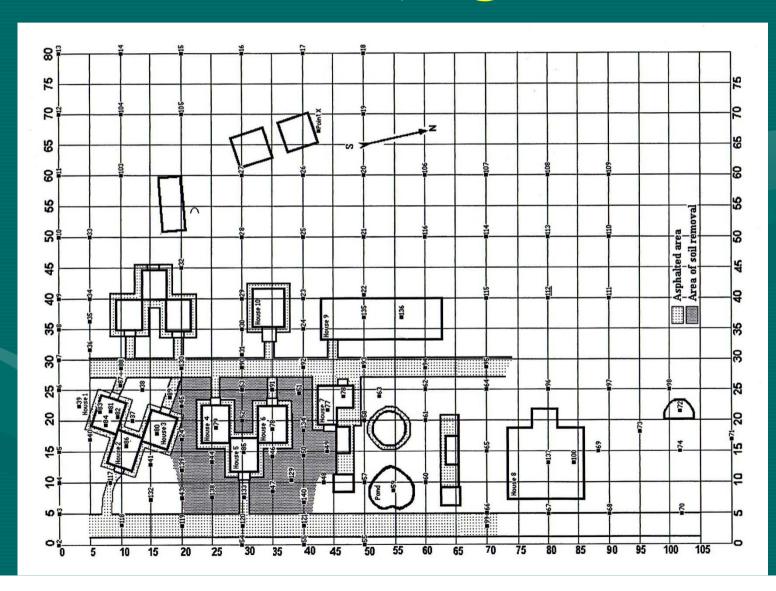
Environmental

- countermeasures/remediation
- Decontamination of settlements
- Agricultural countermeasures:
 - Soil-based
 - Animal breeding
 - Food processing
 - Replacement of agricultural crops
- Restrictions in forestry
- Countermeasures in water industry
- Information campaigns

The pre-remediation monitoring plan

- Space and time resolution for measurements and sampling,
- Ecosystem characterization (climate, soil type, vegetation etc),
- Soil monitoring (in situ measurements, depth distribution, etc),
- Atmosphere monitoring (air concentrations, aerosol size, etc),
- Water body monitoring (water, sediments, fish, etc),
- Agricultural foods and raw materials (vegetable and animal),
- Semi-natural foods (game, wild fungi and berries, etc),
- Supplementary information (demography, dwelling types, food rations, etc)
- Recording and reporting of monitoring data.

Map of the Russian settlement to be decontaminated (Fogh et al. 1999)

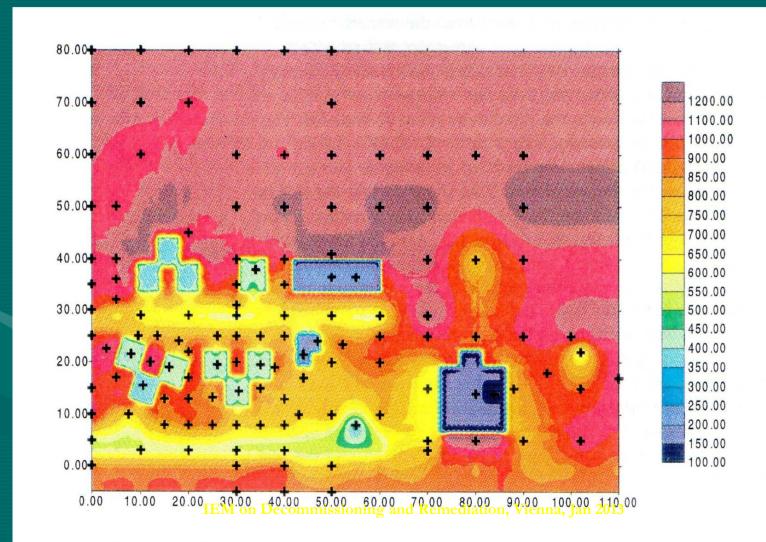


15

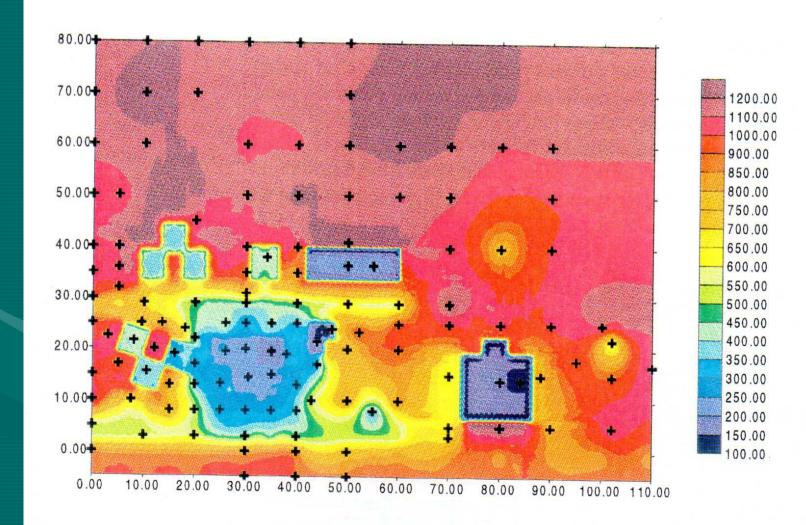
Measurement in a grassed area with a Ge spectrometer and a Reuter Stokes ionization chamber (Bryansk region, Russia)



Dose rate map of the settlement before decontamination (nSv/h)



Dose rate map of the settlement after decontamination (nSv/h)



Decontamination of settlements

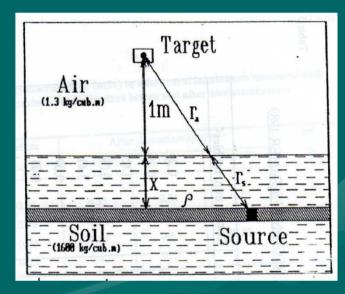


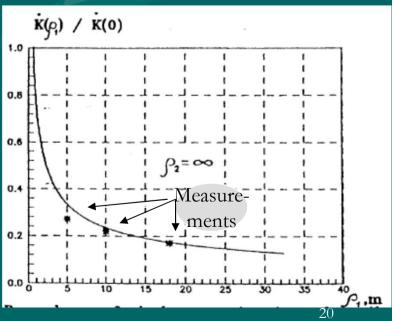




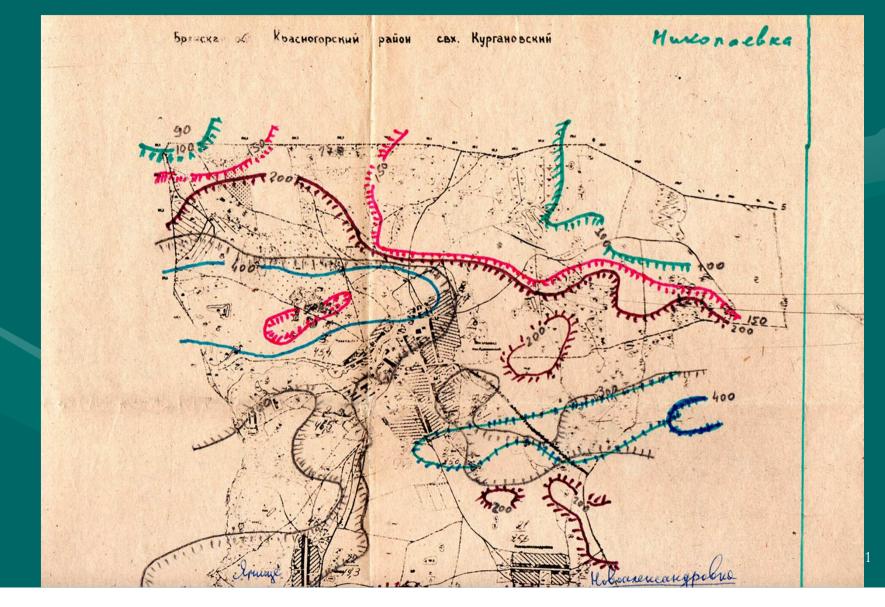
Some dosimetry aspects (Balonov et al. 1991)

- Preliminary calculation of decontamination effectiveness for 1989, 3 years after the Chernobyl fallout
- $^{134}Cs / ^{137}Cs = 0.17$
- $S(x)=S(0)\cdot exp(-0.3x)$, Bq cm⁻³
- DRRF strongly depends on the decontamination radius
- Confirmed experimentally
- Model for external effective dose and averted dose assessment developed





Dose rate map of the area to be contaminated (Bryansk region, 1989)



Memo for the residents and workers undertaking decontamination

ПАМЯТКА

еннослужащих и населения, проводящих дезакти сленных пунктов Брянской области в 1989—1990

зактивационных работ является уменьшение поглощенной дозы в организме жителей, которая создается вных веществ, рассеянных на местности (почве, строениях и др.) после аварии на Чернобыльской АЭС бходимо в тех населенных пунктах Брянской области, где согласно дозиметрическому прогнозу средняя д облучения жителей за 70 лет без дезактивации может превыснъ установленный Министерством здравоохр едел дозы за жизнь, равный 35 бэр. Успешное прозедение дезактивации в этих населенных пунктах ум нешнего облучения и позволит уже в 1990 году отменить многие ограничения в режиме поведения и пит ичного приусадебного хозяйства.

ышения дозы внешиего облучения жителей следует всеми доступными средствами снижать уровень гамма с. Поскольку снижение гамма-фона на всей территории населенного пункта требует очень больших матери первую очередь дезактивируются места регулярного и длительного пребывания людей. К ним относятс учреждений (детские сады, ясли, школы), общественных (клуб, магазин, медпункт, церковь и др.) и проома, цех и др.) зданий, личные подворья и другие общественные места (площадь, спортплощадка, танцплощ ии территории вокруг здания гамма-фон внутри него также уменьшается.

процентов ралноактивных веществ-главным образом ралноизотовов незия-солержится в верхнем слое

IEM on Decommissioning an Vienna, Jan 20

для военнослужащих и населения, проводящих дезактивацию населенных пунктов Брянской области в 1989-1990 гг. антивных виществ, расстояниется з востлосяю спрака стретився в дол в организмо вытекся, которы оплантся вообходнно в тех населенных пунктах Брингкой абласти, где согласно должетрическим вропносой для и високладные в чест паселенные пунктак прявского знавачую укак согласное абоннетроноские соронных усравных него соблучения жителей на 10 жет без акзактичныхи можат превысих, установленный Министерством порвоко на предел допы на энент, ранный 35 бор. Успенняе проводение деактивания в этох васеленных пристах. правот долга и оказа, разван да бор. «Ситание прователя» исполнятия и лих настаеми у авециято облучения в позволит уже о 1980 году отвелять настае огранования в техного уменьщения доль внешнего общучения жителей следует всеми доступны нитал. Поскольку сприжения глама фона на леей территория паселенного пункти требует ата в периум очередь деластивируются честа раукациято в длятельного пребывляни колеб. К пин AOBMX. BOKDY ских учреждений (детские свлы, исля, школы), общественных (клуб мыталия, меллуна-(MPT ферма, нех и др.) здлинй, личные подморыя и другие общественные честа (и При дел на территория вокруг элимия гамыз фон внутри нито также уменьшиется. процентов разновятивных веществ-главным образов разновотопов целовесли почку не перекличнали после знарки на ЧАЭС. Почтому извболее знач жение

TAMATHA

жение понна-бола доститается среднием и удлежием времета сово почитану выяболее диеметельное устойчивое на длягельное время свепряделана насели отумста в специально отведенные места, согласование с ССС и утвердателие положимо славо населя а почиеменый слой цегособранов уздаять с помощьо стронственное места, согласование с ССС и утвердателие положноми сбя большой плота де На мелых участках, особенно на личных подворьях, му работу прекламся выстоять абликов. На места удотелен то должное плота де

подемить шебень, песох ная чистую пому отдельные участки кожно бегоноровать ная асфальтеровать, закрыть влячой румт комо тате средника и удаления радновстваной происходит силкение гамма-фона в 1.5-5 раз в завськости от разверот часто знатехности выполнения деластивным. Силактире гамма-фона в 5.5 с 5.

Сножноше гамма-фона в 1.5—2.6 раза достволется при засняти территории словы инска или чистой почны толимой 10 см. Одико в личи случае им-а уноса песка дождевой водой заплятный эффект с годами может учивышится. Банжую по величие эффекта вость слижение гамма-фона в 1.5—3 раза длет переказмавлите почны на глубоку 10—20 см. Леполнителью учившить гамоповерхирство: переколанного стороли, слав, толи новкого дасшаве его сверзу слови терфя ная частой почны почны на 4. Истаедования покахали, что большой вклад в неличниу таки-фоне да давной толи сдат научиные частовате и почны на се-

стояние в песколько метров и более от него. Почтому на жакому типну орода в данной токе дает надучние, натоличе ко позна на до точно изактанаровать участок попак под нед, а необходимо очествую даринает, историчерно достаточи болано в дари мера. Пие средния почва в ругуе раднуусов 3 и гланароф и на досто неитем учаета, коториторно достаточи болано и в 3 раз, а при раднуе 25 им-в 5 раз. Дав того, чтобы силиять сили преметачения полнантик за 2 раз, при раднусе 10 и нужно делакти почват, почву как на самои участие, так и за его пределами в преметачения подек точнарова. 5-10 и даже если та то доста во одните на забором.

3. Печет дезактивацией потвы на участве техболово убрать нациети мусор, саксти нятже строина в забець, уданть сорчая фы уружные кусти и агропая, при потвы на участве техболого прави и потвы сак нуво макетия. Как поязалая и сследования, родовативное загразнее велотама на инфермаля сумых поросане водова, тране велотама на строитама и потвы и поросане водовать сакратама и сследования, родовативное загразнее велотама и поросане водовативное сакратама строитама и поросане водовативное сакратама сортама на сакратама и сследования, родовативное загразнее велотама на инфермаля сумых поросане водовать сакратама сакратама на сакратама на инфермаля сумых поросане водовативное сакратама на на сакратама на на сакратама на сакратама

6. Допиметрический контуроль вличети важной систаной частко делактивационнах работ. Бажа фон обсалевано камериот на фр. ритория до и после делагизации, чтобы ороделоть не необходовость и феретовитость, выявать отдальные литив радонативает загражения: подалежащие удалению. Подобная такиы-сченка всех 35 населенных пунктов Бринской область, гле заподворщама редативан опоние работив, процедения всемой 1989 года.

7. Джактивацию пастаенных пулятов Бринской области с мая по октябуь 1989 г. произвадити оправления коїск Грахавобо обороно. СССР при дозначеннуватерически хоторода специкальски Ленинграскої интетиту в раздановной питевы. С поводно новидой серонтальной техники наполникогся облазма работ по онастие техритории детских укражанів, марти окраїнськи пработ по онастие техритории детских укражанів, марти округ областвичних и прокладствич дайот по онастие техритории детских укражанів, марти округ областвичних и прокладствич пак запонії, здалио мистим раскої онава стаква практи стаква с така у повіти в техритории детских сала в селах Заовке в Святся в рездал так у должи верхито сало повіда гляма фон снижат в 3–5 раз до угологій мине 100 км³н.

Балездари этому ожнолется синжение ежегозной долы тамызнойумения у дотей на 30-50 процектов при условия дезактивание в анчного подворья. К сожаленико, гроноздкие бульсоверь в трейлеры для работы на подворьях неоригодов. Дезактивания лачных паворый но жито прожаводить пручкую, допатами с участием жителей-холяев домов. Численность всеннослужащих недостатово, чты ималитись за голботу сполнен силами.

УВАЖАЕМЫЕ ГРАЖДАНЕ!

Обранцаемся к вам с предложением совместно выполнить эту важнухо работу. Если Вы в свои выходные дня до октября 1989 года средете доплатами вераной слой (труита на своем подворые, зберете мусор и вынесте его на обочнот дорога перед даком, то всемоскужащие увелут загржиенную пому и мусор из села и пряваут вом чистой песок для засники водорая. Поледна анном болет обязательно былазая помощь. Поде с окончания работы должинетрыт камерыт гламафон и сообщит выи результати дезатавлики обязательно былазая помощь. Поде с окончания работы должинетрыт камерыт гламафон и сообщит выи результати дезатавлики Дезамствания умендант разлацию в ващем доме, обеспечит сохранение нашего здоровыя и здоровы вашко детей.

Igenexes of sector

Amount of decontamination work done in the Bryansk region, Russia, Summer 1989

Operations	Amount		
Decontaminated:			
Settlements	93 (total population: 90 000)		
Work buildings	32		
Private plots	1136		
Territories	1.4 . 10 ⁶		
Agricultural machine depots, farmyards	25 000 m ²		
Roads, streets	190 km		
Ground removed	325 000 m ³		
Non-contaminated ground delivered	466 000 m ³		

• Averted collective lifetime dose estimated about 1,000 Man-Sv

Costs very low because job was done by military troops.

Mean monthly external dose (mSv) of adults measured with TLDs before and after decontamination and DRF, %

Before	After decontamination			Eff.
Village May 89	Oct. 89	1990	June 91	%
0.51	0.35	0.31	0.28	31
0.49	0.31	-	0.25	37
0.70	0.57	0.35	0.35	19
0.55	0.47	0.35	-	15
	May 89 0.51 0.49 0.70	May 89 Oct. 89 0.51 0.35 0.49 0.31 0.70 0.57	May 89 Oct. 89 1990 0.51 0.35 0.31 0.49 0.31 - 0.70 0.57 0.35	Before After decontamination May 89 Oct. 89 1990 June 91 0.51 0.35 0.31 0.28 0.49 0.31 - 0.25 0.70 0.57 0.35 0.35

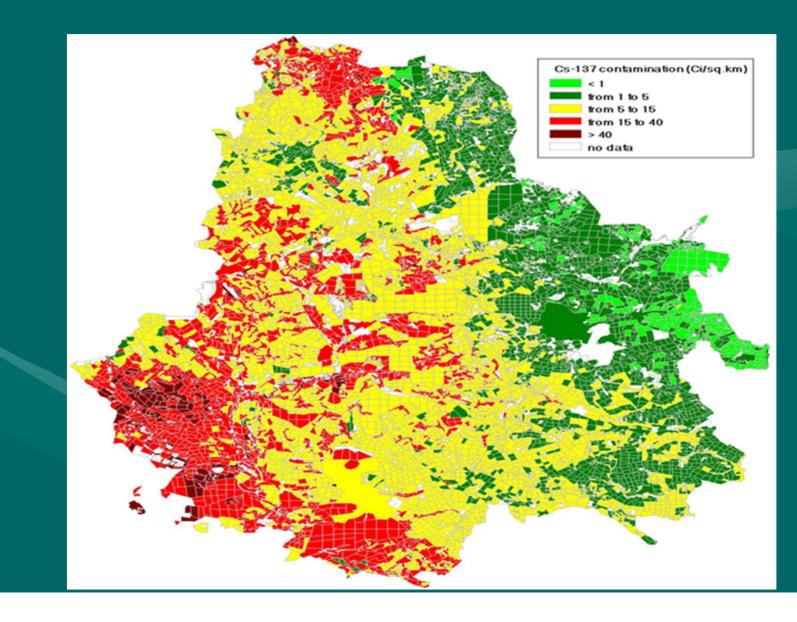
Total -742'measurements

 26 ± 5

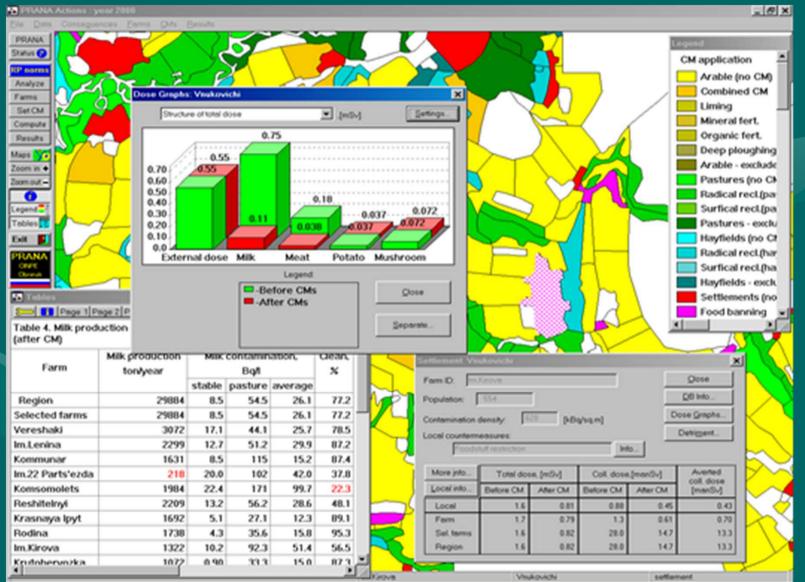
No secondary contamination observed, see data from 1990 and 1991

IEM on Decommissioning and Remediation, Vienna, Jan 2013

¹³⁷Cs soil deposition on the polygons of landuse map, Bryansk region, Russia, 1993 [Yatsalo et al 2000]

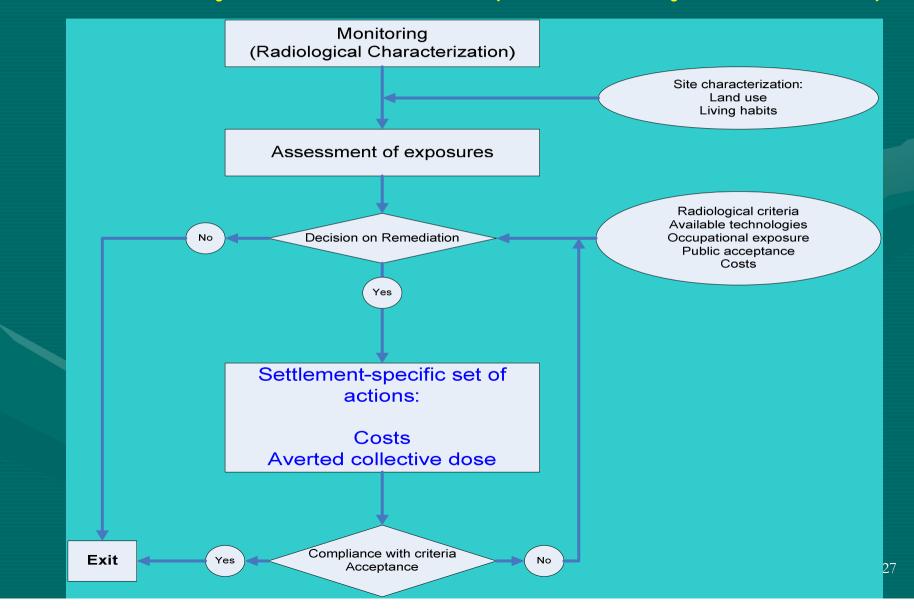


Interface of PRANA code: pathway contribution to dose before and after remediation [Yatsalo et al 2000]



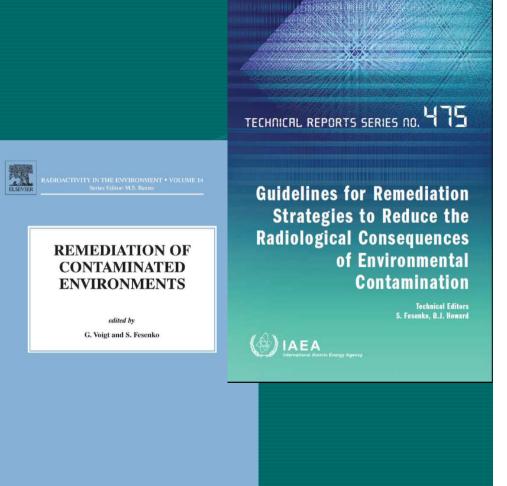
26

ReSCA model for optimization of long term post-Chernobyl remediation (Ulanovsky et al. 2010)



International guidance on environmental remediation

- Developed mostly in order to assist in post-Chernobyl remediation efforts
- National and international research projects
- Summarized by the IAEA as international handbook (TRS №475)



Conclusions - 1

- Decision on environmental remediation of the inhabited and/or economically used area and optimization of remediation program should be preceded by site and exposure scenario characterization.
- Monitoring grid for remediation purposes should be commensurate with:
 - Non-uniformity of area deposition of radionulides,
 - Scale of local remediation actions
- The site characteristics obtained from monitoring results should be compared with DRLs calculated from GRLs by means of models with event/area specific parameters.

Conclusions - 2

- Environmental radiation conditions should be monitored both at the planning and implementation stages and following remediation completion.
- Application of GIS in order to process diverse radiological, environmental and social information proved to be fruitful.
- The following guidance should be elaborated internationally in order to promote justification and optimization of the environmental remediation:
 - Selection of generic reference levels for typical existing exposure situations;
 - Transition from emergency to existing exposure situation.