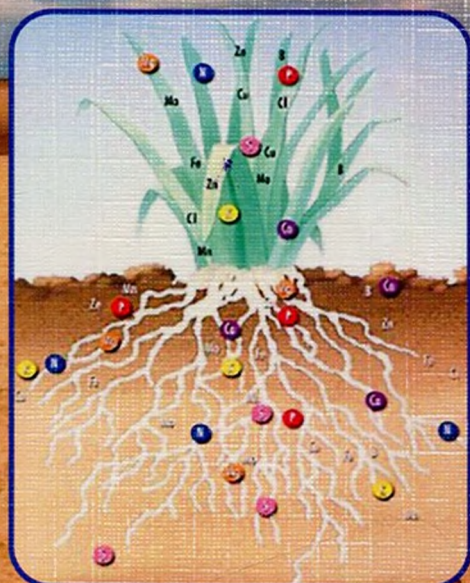


Національна академія аграрних наук України  
ННЦ "Інститут ґрунтознавства  
та агрохімії імені О.Н. Соколовського"

631.42  
E45

# ЕКОЛОГІЧНА РЕАБІЛІТАЦІЯ ТЕХНОГЕННО ЗАБРУДНЕНИХ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ҐРУНТІВ





Національна академія аграрних наук України



Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н.Соколовського»

# **ЕКОЛОГІЧНА РЕАБІЛІТАЦІЯ ТЕХНОГЕННО ЗАБРУДНЕНИХ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ҐРУНТІВ**

**Методика**  
(наукове видання)

**Присвячується Міжнародному Року Ґрунтів**

За редакцією д.с.-г.н., професора А. І. Фатєєва та к.с.-г. н., ст. н. с. В. Л. Самохвалової

Харків

ТОВ «Смугаста типографія»

2016

УДК [631.41+504.53] 628.516:504.054  
ББК 26.3+20.1+40.3  
Е45

ISBN 978-617-7387-20-5

## Екологічна реабілітація техногенно забруднених важкими металами ґрунтів.

Методика./За редакцією А. І. Фатєєва, В. Л. Самохвалової. – Харків: ТОВ "Смуґаста типографія", 2016. – 147 с.

Автори: д.с.-г.н., професор **Фатєєв А. І.**, к.с.-г.нст. н. с. **Самохвалова В. Л.**; аспірант **Мандрика О. В.**, к.с.-г.н., ст. н. с. **Бородіна Я. В.**, к.с.-г.н., ст.н. с. **Семенов Д. О.**, к.с.-г.н., н. с. **Смірнова К. Б.**, н.с **Лучникова Є. В.**, мол.н.с **Шемет А. В.**

Обґрунтовано необхідність розробки та викладено методику проведення екологічної реабілітації ґрунтів земельних ділянок різного призначення забруднених важкими металами. Методика містить вимоги до порядку проведення обстеження забруднених ґрунтів, комплексної оцінки їх екологічного стану та складання рекомендацій з його поліпшення, а також перелік і зміст основних етапів робіт, що базуються на методології еколого-геохімічних, ґрунтово-екологічних та еколого-меліоративних досліджень; методи їх ремедіації за узагальнення міжнародного досвіду регламентації забруднення неорганічної природи і землекористування та досвіду авторських патентнозахищених розробок з цієї наукової проблеми; переваги та обмеження використання методів екологічної реабілітації, диференціації методів на типи, класи та групи відповідно до існуючих технологій ремедіації й відтворення техногенно забруднених ґрунтів; наукове обґрунтування вибору необхідного методу ремедіації техногенно забруднених ґрунтів відповідно до рівня забруднення. Методика також включає розроблені вимоги до методів екологічної ремедіації ґрунтів від забруднень, вимоги щодо раціонального сумісного використання методів екологічної ремедіації техногенно забруднених ґрунтів та вимоги щодо утилізації кінцевих продуктів їх очищення. Наведено нормативні і довідкові матеріали щодо оцінки ступеню забруднення ґрунту та визначення його екологічного стану, надано рекомендації з ліквідації наслідків забруднення ґрунтів важкими металами

*У проведенні досліджень у різні роки за тематикою ремедіації забруднення ґрунтів важкими металами приймали участь співробітники лабораторії охорони ґрунтів від техногенного забруднення ННЦ ІГА НААН: ст.н.с., к.с.-г.н. В. А. Джамаль, ст.н.с., к.с.-г.н. Л. П. Головіна, ст.н.с., к.с.-г.н. М. М. Лисенко. с.н.с. к.б.н. М. В. Байрак, н.с. В. І. Якушко, пр. інженер З. П. Сидоренко, пр. інженер Т. Є. Янковська.*

### Рецензенти:

завідувач кафедри ботаніки ХНПУ ім. Г. С. Сковороди, д.с.-г.н, професор, академік МАНЕБ **Гринченко Т. О.**

завідувач кафедри екологічної безпеки і екологічної освіти екологічного ф-ту ХНУ імені

В. Н. Каразіна, д.г.н., професор **Некос А. Н.**

ст.н.с. лабораторії родючості зрошуваних та солонцевих ґрунтів

ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського», к.с.-г.н. **Дрозд О. М.**

Для ґрунтознавців, екологів, фахівців, що займаються проблемами якості та охорони ґрунтових ресурсів, їх використання і управління.

Розглянуто та схвалено на засіданні НТР ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» Мінагрополітики та продовольства України 22.12.2015 р. (протокол № 3 ).

Затверджено та рекомендовано до друку Вченою радою ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» НААН 09.08.2016 р. (протокол № 13 ).

ISBN 978-617-7387-20-5

© ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені  
О. Н. Соколовського», 2015  
© Фатєєв А. І. Самохвалова В. Л., 2015

	С.
ВСТУП	10
1 Загальні положення.....	13
2 Сфера застосування.....	15
3 Нормативні посилання.....	15
4 Визначення понять, позначення.....	16
5 Порядок обстеження екологічного стану ґрунтів.....	20
5.1 Попереднє обстеження.....	21
5.2 Детальне обстеження.....	23
5.3 Контроль якості проведення робіт.....	26
6 Порядок щодо комплексної оцінки екологічного стану ґрунтів.....	28
6.1 Оцінка статусу хімічних елементів ґрунтів.....	28
6.2 Визначення ступеню забруднення ґрунтового покриву території, обсягів екологічної небезпеки.....	29
6.3 Методика еколого-економічної оцінки забруднених ґрунтів територій, що враховує характеристики їх екологічних і виробничих функцій в агро- та урбоекосистемах	30
6.3.1 Еколого-економічна оцінка ґрунтів сільськогосподарських угідь.....	32
6.3.2 Еколого-економічна оцінка ґрунтів міст.....	35
6.4 Встановлення розміру господарських збитків втрат за забруднення ґрунтів.....	41
6.5 Вартісна оцінка шкоди, заподіяної забрудненням земель с.-г. призначення.....	43
7 Порядок складання рекомендацій з поліпшення екологічного стану ґрунту.....	43
7.1 Концепція ремедіації.....	43
7.2 Методичні засади деконтамінації та детоксикації ВМ у системі ґрунт-рослина.....	45
7.3 Принципи, критерії та перспективи розробки ремедіантів	47
7.4 Оцінка витрат.....	55
7.5 Сценарій екологічної реабілітації техногенно забруднених ґрунтів.....	55
7.6 Складання ТЗ на проведення робіт щодо екологічної реабілітації забруднених важкими металами ґрунтів.....	55
8 Екологічна реабілітація техногенно забруднених ґрунтів як система методів і технологій.....	56
8.1 Загальна характеристика методів екологічної реабілітації, переваги та обмеження їх використання.	59
8.2 Вимоги до методів екологічної ремедіації ґрунтів від забруднень важкими металами	60
8.3 Фізичні методи ( <i>механічні, гідро- та аеродинамічні, термічні, електричні, електрохімічні, електрокінетичні, магнітні та електромагнітні</i> ) екологічної ремедіації забруднених ґрунтів	60

8.4	Фізико-хімічні методи ( <i>коагуляційні, сорбційні</i> ) екологічної ремедіації забруднених ґрунтів	70
8.5	Хімічні методи (методи осадження забруднювачів, управління окислювально-відновлювальними умовами у ґрунтах, хімічного окислювання забруднювачів, хімічної іммобілізації ( <i>зв'язування</i> ) забруднювачів у ґрунтовій системі) екологічної реабілітації техногенно забруднених ґрунтів	77
8.6	Біологічні методи ( <i>мікробіодеградації забруднювачів у системі ґрунт - мікроорганізми, фіторемедіації забруднювачів у системі ґрунт-рослина</i> ) екологічної ремедіації.....	82
8.7	Методи ґрунтового конструювання та кондиціонування	92
8.8	Метод математичного моделювання.....	92
8.9	Комплекс заходів екологічної реабілітації забруднених ґрунтів.....	93
8.10	Вимоги щодо раціонального сумісного використання методів екологічної ремедіації техногенно забруднених ґрунтів.....	96
8.11	Ґрунтово-екологічні вимоги до ґрунтополіпшувачів за проведення ремедіації ґрунтів.....	98
8.12	Ефективність заходів ремедіації техногенно забруднених ґрунтів.....	98
8.13	Вимоги щодо утилізації кінцевих продуктів очищення техногенно забруднених ґрунтів.....	102
8.14	Комплекс авторських патентнозахищених розробок, що належать до класу хімічних, фізико-хімічних та біологічних методів ремедіації техногенно забруднених ґрунтів.....	103
	Додаток А Перелік посилань.....	109
	Додаток Б Нормативно-довідкові матеріали для оцінки забруднення ґрунтів земельних ділянок.....	130
	Додаток В Паспорт обстеженої ділянки.....	135
	Додаток Г Фоновий вміст валових та рухомих форм МЕ та ВМ у літосфері, педосфері, основних ґрунтах України.....	136
	Додаток Д Заходи екологічної реабілітації техногенно забруднених ВМ ґрунтів та можливі шляхи їх використання за різних рівнів забруднення....	144



National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine



National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrichemistry  
Research named after A. N. Sokolovsky"

# **ECOLOGICAL REHABILITATION OF SOILS TECHNOGENIC CONTAMINATED BY HEAVY METALS**

**Methods**  
(scientific publication)

**Dedicated to the International Year of Soils**

Edited by Dr., Professor A. I. Fateev, Ph. D., senior researcher V. L. Samokhvalova

Kharkiv  
LLC "Striped typography"  
2016

**Ecological rehabilitation of soils technogenic contaminated by heavy metals. Methods /**

Under the editorship of A. I. Fateev, V. L. Samokhvalova – Kharkov: LLC "Stripy typography", 2016. – 147 p.

*Authors:* Dr., Professor **Fateev A. I.**, Ph D., senior researcher **Samokhvalova V. L.**; post-graduate student **Mandryka O. V.**, Ph.D., senior researcher **Borodina Y. V.**, Ph D., senior researcher **Semenov D. A.**, Ph D., researcher **Smirnova K. B.**, researcher **Luchnikova Ye. V.**, junior researcher **Shemet A. V.**

It is proved that the elaboration of measures for remediation, restore fertility of soils contaminated by heavy metals and reduce translocation of toxic substances is one of the important components of the strategy of sustainable using, restoration and management of soil resources in Ukraine. Ecologically land management should aim to ensure achieving the optimal indicators of soil quality, restoration of the soils ecological functions and conservation of soils, sustainable land use.

Grounded the necessity of elaboration the methodology and conducting methods of environmental rehabilitation of soil land plots for various purposes, contaminated by heavy metals. The procedure contains the requirements for surveys of contaminated soils, Integrated assessment of their ecological status and recommendations for its improvement, as well as the list and content of main stages of works based on the methodology of ecological-geochemical, soil-ecological and ecological-ameliorative researches; methods of remediation for the generalization of international experience of regulation of pollution inorganic nature and land management; experiences in copyright protected patent elaborations; advantages and limitations of the methods of environmental remediation use, differentiation methods, types, classes, and groups according to the existing technologies for the remediation and regeneration of industrially polluted soils; scientific rationale for selection of required methods of the industrially polluted soils remediation in accordance with the level of pollution. The method also includes the requirements for methods of environmental remediation of soils from contamination, the requirements for rational joint use of methods of environmental remediation of industrially polluted soils and disposal requirements of the final products of their treatment. It was given the normative and reference materials for assessing the degree of soil pollution and determination of its environmental status, recommendations on elimination of consequences of soil pollution by heavy metals.

The methodological aspects of technogenic contaminated soils assessment and remediation, environmental impact assessment of soil cover are presented. The approaches to regulation of heavy metals content in soils and agricultural production, environmental regulation of pollution intensity and assessment of the soil stability are considered.

The system of ameliorative measures of physical, chemical and biological methods of contaminated soils remediation is given in the recommendations. The methods are aimed at improving their physical and chemical properties and reducing pollutants translocation to the crops. The results of researches on the investigation of different methods reducing anthropogenic pollution in soils under conditions of field and vegetation experiments are described. The assessment of the effectiveness of different methods and techniques of soil treatment: soil flushing, application of meliorants and adsorbents, phytomelioration, growing resistant cultures to metal contamination, bio remediation are presented.

# CONTENT

	P.
Introduction	10
1 General provisions.....	13
2 Scope of application.....	15
3 Normative references.....	15
4 Definitions, symbols and abbreviations.....	16
5 Procedures for survey of the soils ecological state.....	20
5.1 Preliminary survey.....	21
5.2 Detailed survey.....	23
5.3 The quality control of the works	26
6 Procedures of integrated assessment of soils ecological state.....	28
6.1 Assessment of the soils chemical elements status.....	28
6.2 Determination of the degree of soil pollution areas, volumes of environmental hazards.....	29
6.3 Methods of ecological and economic assessment of soils contaminated territories, taking into account the characteristics of their ecological and production functions in the agricultural and urboecosystems.....	30
6.3.1 Ecological and economic assessment of agricultural lands. ...	32
6.3.2 Ecological and economic assessment of urbosols.....	35
6.4 Determination of the amount of economic loss damages for pollution of soils.....	41
6.5 Valuation of damage caused by pollution of agricultural lands appointment.....	43
7 Procedures for compilation the recommendations for improving the ecological status of the soil.....	43
7.1 The Concept of remediation.....	43
7.2 Methodological principles of decontamination and detoxification of HM in the soil-plant system.....	45
7.3 Principles, criteria and prospects of remediants elaboration.....	47
7.4 Assessment of costs.....	55
7.5 The scenario of environmental rehabilitation of technogenic contaminated soils.....	55
7.6 The preparation of specification for the carrying out of works for the remediation of heavy metals polluted soils.....	55
8 Environmental rehabilitation of industrially polluted soils as a system of methods and technologies.....	56
8.1 General characteristics of environmental rehabilitation methods, the benefits and limitations of their use.....	59
8.2 Requirements to the methods of soils environmental remediation from pollution by heavy metals.....	60
8.3 Physical methods ( <i>mechanical, hydro - and aerodynamic,         thermal, electrical, electrochemical, electrokinetic, magnetic, and         electromagnetic</i> ) of contaminated soils environmental remediation.....	60
8.4 Physico-chemical methods ( <i>coagulation, sorption</i> ) environmental remediation of contaminated soils.....	70



8.5	Chemical methods ( <i>methods of deposition the pollutants, methods that control the redox conditions in the soil, chemical oxidation of contaminants, chemical immobilization (binding) of contaminants in the soil system</i> ) of environmental rehabilitation of technogenic contaminated soils.....	77
8.6	Biological methods ( <i>microbiodegradation of pollutants in the soil - microorganisms system, phytoremediation of pollutants in the soil-plant system</i> ) of soils environmental remediation.....	82
8.7	Methods of soils constructing and conditioning.....	92
8.8	Method of mathematical modeling.....	92
8.9	The complex of measures for environmental rehabilitation of contaminated soils.....	94
8.10	Requirements for rational joint use of methods of industrially polluted soils environmental remediation.....	96
8.11	Soil-ecological requirements for the soil improvers for conducting a remediation of soils.....	98
8.12	Efficiency of the technogenic polluted soils remediation methods.....	98
8.13	Requirements for the final products of technogenic polluted soils purification.....	102
8.14	The complex of copyright patentmanagement elaborations belonging to the class of chemical, physico-chemical and biological methods of polluted soils remediation.....	103
	Annex A List of references.....	109
	Annex B Regulatory and reference data for the assessment of soil contamination.....	130
	Annex C The Passport of the surveyed area.....	135
	Annex D The background content of total and mobile forms of TE and HM in the lithosphere, pedosphere, major soils of Ukraine.....	136
	Annex E Measures of polluted by HM soils environmental rehabilitation and possible ways to use in different soils pollution levels.....	144