

553.63(477)  
Ш154



С.Б. ШЕХУНОВА

**СОЛЕНОСНІ  
ФОРМАЦІЇ  
ЗАКОНОМІРНОСТІ  
ЛІТОГЕНЕЗУ  
ТА ПРОБЛЕМИ  
ВИКОРИСТАННЯ**



НАЦІОНАЛЬНА  
АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ГЕОЛОГІЧНИХ НАУК

\*

NATIONAL ACADEMY  
OF SCIENCES OF UKRAINE  
INSTITUTE OF GEOLOGICAL  
SCIENCES

S. B. SHEKHUNOVA

**SALIFEROUS  
FORMATIONS :  
PATTERNS  
OF LITHOGENESIS  
AND PROBLEMS  
OF USAGE**

---

*«SCIENTIFIC BOOK»  
PROJECT*

---

KYIV NAUKOVA DUMKA 2020

С. Б. ШЕХУНОВА

**СОЛЕНОСНІ  
ФОРМАЦІЇ:  
ЗАКОНОМІРНОСТІ  
ЛІТОГЕНЕЗУ  
ТА ПРОБЛЕМИ  
ВИКОРИСТАННЯ**

---

*ПРОЄКТ  
«НАУКОВА КНИГА»*

---

КИЇВ НАУКОВА ДУМКА 2020

УДК 552.14:(55.263.036:553.63)

Монографію присвячено розробці концепції літогенезу соленосних формацій на основі встановлення стадіальних перетворень на різних рівнях організації речовини (формаційному, шаровому, породному, мінеральному, геохімічному), а також обґрунтовано підходи до вирішення проблемних питань залучення соленосних формацій у господарську діяльність. У результаті дослідження та аналізу умов утворення кам'яної солі й визначення основних факторів і процесів, властивих різним стадіям літогенезу соленосних формацій на субформаційному, формаційному рівнях, розроблено літогенетичну типізацію кам'яної солі. Виділено та схарактеризовано її п'ять основних літогенетичних типів: діагенетичний, катагенетичний, галотектокінетичний, контактово-метасоматичний, метагенетичний. Визначено та описано основні й другорядні процеси і фактори, що впливають на різні стадії літогенезу соленосних формацій. Згідно із сучасними уявленнями теорії літогенезу, в соленосних формаціях розрізняють: регіональний фоновий літогенез занурення зі стадіями діа-, ката-, галотектокінезу; регіональний накладений літогенез термодинамічної активізації (стадія регресивного літогенезу та гіпергенезу); локальний накладений літогенез (гідротермальний, гідротермально-метасоматичний, контактово-метасоматичний). Літогенетичні типи кам'яної солі схарактеризовано за їх фізико-механічними та іншими функціональними властивостями, що є теоретичним підґрунтям вибору перспективних структур (площ) і ділянок при геолого-геохімічних роботах, що супроводжують розробку родовищ та підземне будівництво у соляних товщах.

Для геологів, літологів, седиментологів, фахівців суміжних наук про Землю, викладачів, аспірантів, студентів вищих навчальних закладів.

The monograph is dedicated to developing the concept of saliferous formations lithogenesis based on determination of stadal transformations at different levels of substance organization (formation, bed, layer, rock, mineral, submineral) and the approaches to solving problems of saliferous formations involving in economic activity were argued. As a result of research and analysis of the conditions for rock salt formation and identifying of key factors and processes peculiar for different, stages of saliferous formations lithogenesis on subformational, formational levels there was developed the lithogenetic classification of the rock salt. There were highlighted and described five main lithogenetic types: diagenetic, catagenetic, halotectokinetic, contact-metasomatic, metagenetic. There were defined and characterized primary and secondary processes and factors of lithogenesis, which are typical for different stages of saliferous formations lithogenesis. For the development of modern ideas of lithogenesis theory in saliferous formations lithogenesis are distinguished: the regional background immersion lithogenesis with the stages of dia-, cata-, and halotectokinesis; the regional imposed activation lithogenesis (dynamo and/or thermal) (stage of regression lithogenesis and hypergenesis); the local imposed lithogenesis (hydrothermal, hydrothermal-metasomatic, contact-metasomatic). Lithogenetic types of rock salt are characterized by their physical-mechanical and other functional properties, which is a theoretical basis for selecting of perspective areas, structures and sites for geological and geochemical investigation that accompany exploration and underground construction in salt strata.

For geologists, lithologists, sedimentologists, specialists in some adjacent scientific directions of the Earth's sciences, teachers, post-graduate students, students of higher education institutions.

Відповідальний редактор  
академік НАН України, доктор геолого-мінералогічних наук, професор П. Ф. ГОЖИК

Рецензенти:  
академік НАН України, доктор геолого-мінералогічних наук, професор С. Ф. Шнюков,  
академік НАН України, доктор геолого-мінералогічних наук, професор В. М. Шестопалов

*Рекомендовано до друку вченою радою Інституту геологічних наук НАН України  
(протокол № 7 від 18 травня 2017 р.)*

*Видання здійснено за кошти Цільової комплексної програми  
«Створення та розвиток науково-видавничого комплексу НАН України»*

Науково-видавничий відділ медично-біологічної, хімічної та геологічної літератури

Редактор О. І. Калашикова

© С. Б. Шехунова, 2020

© НВП «Видавництво "Наукова думка" НАН  
України», дизайн, 2020

ISBN 978-966-00-1778-8

## ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА .....	5
<b>Розділ 1. СТАН РОЗРОБКИ ПРОБЛЕМ ЛІТОГЕНЕЗУ СОЛЕНОСНИХ ФОРМАЦІЙ .....</b>	<b>7</b>
1.1. Основні терміни і визначення .....	7
1.2. Типізація літогенезу та його стадійність .....	10
1.3. Аналіз сучасного стану вивченості літогенезу, постседиментаційних перетворень солених формацій.....	15
1.3.1. Фактори та моделі літогенезу солених формацій .....	18
1.3.2. Стадії літогенезу солених порід / формацій.....	20
1.4. Основні методи та методологія досліджень солених формацій.....	23
<b>Розділ 2. СОЛЕНОСНІ ФОРМАЦІЇ УКРАЇНИ ТА ЇХ МІНЕРАГЕНІЯ .....</b>	<b>27</b>
2.1. Особливості будови та літологічного складу солених формацій Дніпровсько-Донецької западини .....	27
2.1.1. Верхньодевонські солених формації.....	31
2.1.2. Нижньопермська калійно-магнієсна формація .....	39
2.2. Верхньоюрська солених формація Переддобрудзького прогину .....	42
2.3. Міоценові солених та калієнієсні формації Передкарпатського прогину.....	45
2.4. Неогенова (міоценова) солених формація Закарпатської западини .....	49
2.5. Особливості мінералізації солених формацій України .....	53
<b>Розділ 3. ЛІТОГЕНЕТИЧНІ ТИПИ КАМ'ЯНОЇ СОЛІ ТА УМОВИ ЇХ УТВОРЕННЯ ВІДПОВІДНО ДО СТАДІЙНОСТІ ЛІТОГЕНЕЗУ .....</b>	<b>69</b>
3.1. Діагенетичний тип.....	69
3.2. Катагенетичний тип .....	74
3.3. Гадотектокінетичний тип .....	77
3.4. Метагенетичний тип .....	87
3.5. Контактково-метасоматичний та гідротермально-метасоматичний галіт .....	107
3.6. Кам'яна сіль соляних палеоглетчерів .....	123
3.7. Метаєвапорити .....	124
<b>Розділ 4. ПРОЦЕСИ, ФАКТОРИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЛІТОГЕНЕЗУ СОЛЕНОСНИХ ФОРМАЦІЙ.....</b>	<b>127</b>
4.1. Постседиментаційні перетворення солених формацій (загальні аспекти) .....	127
4.2. Типізація процесів літогенезу солених формацій .....	138
4.2.1. Характеристика основних процесів на рівні породних компонентів та їх зв'язок зі стадіями літогенезу солених формацій .....	142
4.2.2. Процеси формаційного та надформаційного рівнів.....	163
4.3. Фактори літогенезу солених формацій .....	167
4.4. Особливості літогенезу солених формацій .....	169
<b>Розділ 5. ГЕОЛОГО-ЛІТОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ПІДЗЕМНОГО ПРОСТОРУ СОЛЕНОСНИХ ФОРМАЦІЙ.....</b>	<b>183</b>
5.1. Основні напрями використання підземного простору солених формацій .....	183
5.1.1. Підземні камери вилуговування в солених формаціях та їх використання як сховищ вуглеводнів .....	189

5.1.2. Ізоляція відходів у підземних камерах вилуговання і відпрацьованих шахтних виробках .....	193
5.1.3. Використання соленосних формацій для відпрацювання ядерних технологій.....	200
5.1.4. Інші проекти використання підземного простору соленосних формацій .....	204
5.2. Проблеми використання підземного простору соленосних формацій .....	206
5.2.1. Екологічні наслідки та аварійні ситуації при видобутку корисних копалин .....	206
5.2.2. Екологічні проблеми при підземному вилугованні соленосних формацій .....	208
5.2.3. Літологічні особливості та пов'язані з ними екологічні аспекти розробки родовищ кам'яної солі методом підземного вилуговання .....	215
5.3. До проблеми освоєння соляних ресурсів Закарпатського прогину .....	225
5.3.1. Розробка уточнених моделей будови середньоміоценової соленосної формації прогину (регіональна модель) .....	225
5.3.2. Інтеграційна геологічна модель Солотвинської структури як інструмент оцінювання геоекологічного стану Солотвинського родовища кам'яної солі.....	226
5.4. Критерії вибору ділянок у соленосних формаціях для розташування техногенно-геологічних систем .....	241
5.5. Використання ГІС-технологій для вибору та ранжування перспективних зон, площ ділянок для підземного будівництва .....	246
5.5.1. Аналіз розривних порушень (на прикладі Дніпровсько-Донецької западини) .....	246
5.5.2. Розробка та аналіз літологічних моделей соленосних формацій Дніпровсько-Донецької западини і Переддобрудзького прогину.....	248
<b>Розділ 6. ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ТА СПЕЦИФІЧНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЛІТОГЕНЕТИЧНИХ ТИПІВ КАМ'ЯНОЇ СОЛІ.....</b>	<b>263</b>
6.1. Фізико-механічні властивості та літологічні характеристики кам'яної солі .....	263
6.2. Будова міжзернового простору.....	270
6.3. Особливості накопичення радіаційних дефектів у галіті соленосних формацій Дніпровсько-Донецької западини та вплив гамма-опромінення на міцнісні властивості кам'яної солі .....	272
6.3.1. Радіаційні дефекти у галіті соленосних формацій западини .....	274
6.3.2. Динаміка накопичення F-центрів .....	276
6.3.3. Вплив гамма-опромінення на міцнісні властивості кам'яної солі .....	278
6.3.4. Мікротвердість і пластична деформація .....	279
6.3.5. Декрепітація .....	281
6.4. Деформування соляних порід в об'ємному напруженому стані (літологічні аспекти) .....	283
6.5. Особливості використання у підземному будівництві соленосних формацій, складених кам'яною сіллю галотектокінетичного типу .....	288
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>299</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>303</b>
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>307</b>

## CONTENTS

PREFACE .....	5
<b>Chapter 1. STATE-OF-THE-ART ON SALIFEROUS FORMATIONS LITHOGENESIS ISSUE .....</b>	<b>7</b>
1.1. Key terms and definitions.....	7
1.2. Typification of lithogenesis and its staging.....	10
1.3. Current state on post-sedimentary transformations of saliferous formations study .....	15
1.3.1. Factors and models of lithogenesis .....	18
1.3.2. Stages of lithogenesis .....	20
1.4. Main research methods and methodology .....	23
<b>Chapter 2. SALIFEROUS FORMATIONS OF UKRAINE AND THEIR MINERAGENIA .....</b>	<b>27</b>
2.1. Features of the structure and lithological composition of saliferous formations of the Dnieper-Donets basin .....	27
2.1.1. Upper Devonian formations .....	31
2.1.2. Lower Permian potassium-magnesium formation.....	39
2.2. Upper Jurassic saliferous formation of the Foredobrogean depression.....	42
2.3. Miocene saliferous and potassium-bearing formations of the Forercarpathian Depression .....	45
2.4. Neogene (Miocene) saliferous formation of the Transcarpathian depression.....	49
2.5. Features of minerageny of saliferous formations of Ukraine.....	53
<b>Chapter 3. LITHOGENETIC TYPES OF ROCK SALT AND CONDITIONS OF THEIR FORMATION ACCORDING TO THE LITHOGENESIS STAGE.....</b>	<b>69</b>
3.1. Diagenetic type.....	69
3.2. Katagenetic type .....	74
3.3. Halotectokinetic type.....	77
3.4. Metagenetic type .....	87
3.5. Contact metasomatic hydrothermal metasomatic halite .....	107
3.6. Rock salt of paleoglacier of salt .....	123
3.7. Metacvaporites.....	124
<b>Chapter 4. PROCESSES, FACTORS AND FEATURES OF LITHOGENESIS OF SALT FORMATIONS.....</b>	<b>127</b>
4.1. Salt formation post-depositional transformation (general aspects).....	127
4.2. Lithogenesis processes typification.....	138
4.2.1. The level of rock components: the main processes and stages .....	142
4.2.2. Formational and supraformational processes .....	163
4.3. Factors of saliferous formations lithogenesis .....	167
4.4. Distinctive features of saliferous formations lithogenesis .....	169
<b>Chapter 5. GEOLOGICAL AND LITHOLOGICAL ASPECTS OF THE PROBLEM OF USING THE UNDERGROUND SPACE OF SALT FORMATIONS.....</b>	<b>183</b>
5.1. The main areas of saliferous formations underground space usage .....	183
5.1.1. Underground leaching caverns in saliferous formations and their usage as hydrocarbon storage .....	189
5.1.2. Isolation of waste in underground leaching caverns and spent mine workings .....	193
5.1.3. Use of saliferous formations for nuclear technologies testing (developing) .....	200
5.1.4. Other projects of saliferous formations underground space usage .....	204



## Contents

5.2. Problems of saliferous formations underground space usage .....	206
5.2.1. Environmental consequences and emergencies in deposits exploitation .....	206
5.2.2. Ecological problems in underground leaching .....	208
5.2.3. Rock salt deposits exploitation by underground leaching: Lithological features and related environmental aspects.....	215
5.3. To the problem of salt resources of the Transcarpathian depression development.....	225
5.3.1. Development of specified models of the structure of the Middle Miocene saliferous formations of the depression (regional model).....	225
5.3.2. The integrated geological model of Solotvyno structure as a tool to assess geoecological sustainability of Solotvyno Rocksalt Deposit .....	226
5.4. Criteria for site selection in saliferous formations for the technogenic-geological systems location.....	241
5.5. Application of GIS technologies for selection, ranking of perspective zones, areas, sites for underground construction .....	246
5.5.1. Faulting analysis (Dnieper-Donets depression example) .....	246
5.5.2. Development and analysis of lithological models of saliferous formations of the Dnieper- Donets depression and Foredobrogean depression .....	248
<b>Chapter 6. PHYSICO-MECHANICAL AND PECULIAR TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF LITHOGENETIC TYPES OF ROCK SALT .....</b>	<b>263</b>
6.1. Physico-mechanical properties and lithological characteristics of rock salt .....	263
6.2. The structure of intergranular space .....	270
6.3. Features of accumulation of radiation defects in halite of saliferous formations of Dnieper-Donets depression and influence of gamma irradiation on strength properties of rock salt.....	272
6.3.1. Radiation defects in halite of saliferous formations of depression.....	274
6.3.2. Dynamics of F-centers accumulation .....	276
6.3.3. Influence of gamma-irradiation on strength properties of rock salt .....	278
6.3.4. Microhardness and plastic deformation .....	279
6.3.5. Decrepitation .....	281
6.4. Changes in structural and texture features of salt rocks fabric in volumetric stressed state .	283
6.5. Features of usage in underground construction of saliferous formations composed of rock salt of halotectokinetic type.....	288
CONCLUSIONS .....	299
SUMMARY .....	303
REFERENCES.....	307