

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА



ОСТРІВ ЗМІЇНИЙ

Науковий проєкт

Монографії

Інформаційні джерела

Історія та археологія

Рослинний і тваринний світ

Абіотичні характеристики

Екосистема прибережних вод

Керівник наукового проєкту і головний редактор
доктор фізико-математичних наук, професор **В. А. Сминтина**

Редакційна колегія:

В. О. Іваниця (заступник головного редактора),
В. І. Медінець, М. О. Подрезова, О. В. Сминтина

Одеса
“Астропринт”
2008

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
ODESA NATIONAL I. I. MECHNIKOV UNIVERSITY



ZMIINYI ISLAND

Scientific project

Monographs

Informational Sources

History and Archaeology

Flora and Fauna

Abiotic Characteristics

Ecosystem of Coastal Waters

Supervisor of the scientific project and editor-in-chief

V. A. Smyntyna, DrSc (Physics and Mathematics), Professor

Editorial board:

V. O. Ivanytsia (deputy editor-in-chief),

V. I. Medinets, M. O. Podrezova, O. V. Smyntyna

Odesa
“Astroprint”
2008

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА



ОСТРІВ ЗМІЇНИЙ

Абіотичні характеристики

Монографія

Одеса
“Астропринт”
2008

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
ODESA NATIONAL I. I. MECHNIKOV UNIVERSITY



ZMIINYI ISLAND

Abiotic Characteristics

Monograph

Odesa
"Astroprint"
2008

УДК 52:551:556(262.5)(477.4)
ББК 28.082.12+28.082.50(922.8)
О44

**Острів Зміїний. Науковий проект
Монографії**

*Інформаційні джерела
Історія та археологія
Рослинний і тваринний світ
Абіотичні характеристики
Екосистема прибережних вод*

Острів Зміїний. Абіотичні характеристики

Автори:

В. А. Сминтина, д-р фіз.-мат. наук, проф. (передмова, вступ); **В. І. Медінець**, канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співробітник (вступ, розд. 1, 4, 5, резюме); **Є. І. Газетов** (розд. 1, 4); **І. О. Сучков**, канд. геол.-мінерал. наук, доц. (розд. 2); **Н. О. Федорончук**, канд. геол. наук, доц. (розд. 2); **Я. М. Біланчин**, канд. геогр. наук, доц. (розд. 3); **П. І. Жанталай**, канд. геогр. наук, доц. (розд. 3); **М. Й. Тортик**, канд. геогр. наук, доц. (розд. 3); **А. О. Буяновський** (розд. 3); **В. М. Морозов**, канд. геогр. наук, ст. наук. співробітник (розд. 4); **С. В. Медінець** (розд. 5); **В. В. Прошенко** (розд. 5); **Ю. М. Горбаньов**, канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співробітник (розд. 6); **В. О. Шестопапов** (розд. 6); **Л. О. Сарест** (розд. 6); **О. В. Голубаєв** (розд. 6)

Відповідальний редактор: канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співробітник
В. І. Медінець

Рецензенти:

чл.-кор. НАН України, д-р фіз.-мат. наук, проф. **К. І. Чурюмов**
д-р геогр. наук, проф. **О. К. Кузін**
д-р геол.-мінерал. наук, проф. **Є. А. Черкез**
д-р геогр. наук **В. І. Осадчий**
д-р геогр. наук, проф. **В. І. Михайлюк**

*Рекомендовано до друку вченою радою ОНУ імені І. І. Мечникова
Протокол № 3 від 18 листопада 2008 року*

Острів Зміїний. Абіотичні характеристики : монографія / В. А. Сминтина, О44 В. І. Медінець, Є. І. Газетов [та ін.] ; відп. ред. В. І. Медінець ; Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова. — Одеса : Астропринт, 2008. — XII, 172 с., [14] арк. іл. — (Наук. проект “Острів Зміїний” / керівник проекту В. А. Сминтина).
ISBN 978–966–190–062–1

Монографія присвячена особливостям абіотичної складової екосистеми о. Зміїного. Узагальнені матеріали геологічних, ґрунтознавчих, метеорологічних, атмосферно-хімічних і астрономічних досліджень, які були проведені на о. Зміїному науковцями Одеського національного університету імені І. І. Мечникова в 2003–2007 рр. Розглянуті особливості геологічної будови острова, особливості формування ґрунтового покриву, метеорологічних і атмосферно-хімічних процесів. Наведено приклади використання острова для проведення прикладних астрономічних досліджень.

УДК 52:551:556(262.5)(477.4)
ББК 28.082.12+28.082.50(922.8)

ISBN 978–966–190–058–4 (проект)
ISBN 978–966–190–062–1

© Одеський національний університет
імені І. І. Мечникова, 2008

UDC 52:551:556(262.5)(477.4)
BBC 28.082.12+28.082.50(922.8)
O 44

**Zmiinyi Island. Scientific project
Monographs**

*Informational Sources
History and Archaeology
Flora and Fauna
Abiotic Characteristics
Ecosystem of Coastal Waters*

Zmiinyi Island. Abiotic Characteristics

Authors:

V. A. Smyntyna, DrSc (Physics and Mathematics), Prof. (Preface, Introduction);
V. I. Medinets, Cand. Sc (Physics and Mathematics), Senior Researcher
(Introduction, Parts 1, 4, 5, Resume); **Ye. I. Gazyetov**, (Parts 1, 4); **I. O. Suchkov**,
Cand. Sc (Geology and Mineralogy), Associate Professor (Part 2); **N. O. Fedoronchuk**,
Cand. Sc (Geology), Associate Professor (Part 2); **Y. M. Bilanchin**, Cand. Sc
(Geography), Associate Professor (Part 3); **P. I. Zhantalay**, Cand. Sc (Geography),
Associate Professor (Part 3); **M. Y. Tortyk**, Cand. Sc (Geography), Associate Professor
(Part 3); **A. O. Buyanovskiy** (Part 3); **V. M. Morozov**, Cand. Sc (Geography),
Senior Researcher (Part 4); **S. V. Medinets** (Part 5); **V. V. Proshenko** (Part 5);
Y. M. Gorbanyov Cand. Sc (Physics and Mathematics), Senior Researcher (Part 6);
V. O. Shestopalov (Part 6); **L. O. Sarest** (Part 6); **O. V. Golubayev** (Part 6)

Executive Editor: **V. I. Medinets**, Cand. Sc (Physics and Mathematics),
Senior Researcher

Reviewers:

Churyumov K. I., Cor. Mem. of the NAS of Ukraine, DrSc (Physics and Mathematics), Professor
Kuzin O. K., DrSc (Geography), Professor
Cherkez Ye. A., DrSc (Geology and Mineralogy), Professor
Osadchiy V. I., DrSc (Geography)
Mikhailiyuk V. I., DrSc (Geography), Professor

*Recommended for print by the Academic Board of Odesa National I. I. Mechnikov University
Minutes № 3 of the 18th of November 2008*

Zmiinyi Island. Abiotic Characteristics : monograph / V. A. Smyntyna,
O44 V. I. Medinets, Ye. I. Gazyetov [et al.] ; execut. ed. V. I. Medinets ; Odesa National
I. I. Mechnikov University. — Odesa : Astroprint, 2008. — XII, 172 p., [14] l. ill. —
(Scientific project “Zmiinyi Island” / project supervisor V. A. Smyntyna).
ISBN 978–966–190–062–1

Monograph is dedicated to peculiarities of the abiotic component of the Black Sea ecosystem. Materials of geological, soil, meteorological, atmospheric chemistry and astronomical studies carried out in the Zmiinyi Island area by the researchers of Odesa National University in 2003–2007 are generalized. Peculiarities of geological construction and soil cover formation of the island, meteorological and atmospheric chemistry processes are considered. Examples are shown of using the island to carry out applied astronomical studies.

UDC 52:551:556(262.5)(477.4)
BBC 28.082.12+28.082.50(922.8)

ISBN 978–966–190–058–4 (draft)
ISBN 978–966–190–062–1

© Odesa National I. I. Mechnikov
University, 2008

ЗМІСТ

<i>Передмова</i>	1
<i>Preface</i>	10
<i>Вступ</i>	18
<i>Розділ 1</i> ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОСТРОВА	22
<i>Розділ 2</i> ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА О. ЗМІЙНОГО	
2.1. Історія геологічного вивчення о. Зміїного	28
2.2. Стратиграфія та літологія товщі гірських порід, що складають о. Зміїний	34
2.3. Методологія сучасних досліджень	40
2.4. Основні результати сучасних досліджень	41
<i>Розділ 3</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ О. ЗМІЙНОГО	54
3.1. Методологія та методика досліджень і робіт	55
3.2. Умови та процеси ґрунтоутворення на острові	57
3.3. Результати дослідження ґрунтів і ґрунтового покриву острова	59
3.4. Висновки та заключення	77
<i>Розділ 4</i> КЛІМАТИЧНІ І МЕТЕОРОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	
4.1. Огляд існуючих історичних даних про клімат району	80
4.2. Терміни та методи проведення досліджень у 2003–2007 рр. . .	82
4.3. Результати проведених метеорологічних досліджень та їх аналіз	85

4.4. Порівняльний аналіз середньомісячних значень метеорологічних параметрів о. Зміїного та метеостанції Усть-Дунайськ	97
4.5. Результати досліджень впливу орографії острову на якість спостережень за вітровим режимом	100
4.6. Дослідження впливу рельєфу острову на вітрові поля	103
4.7. Дослідження радіаційних характеристик атмосфери над о. Зміїним	105
4.8. Довгострокові кліматичні зміни в районі Чорного моря біля о. Зміїного	108
4.8.1. Швидкість вітру	108
4.8.2. Температура повітря	110
4.8.3. Відносна вологість	111
4.8.4. Атмосферні опади	112
4.8.5. Хмарність	114
4.8.6. Висновки	114
<i>Розділ 5</i>	
АТМОСФЕРНО-ХІМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	115
5.1. Методи досліджень	116
5.2. Результати досліджень атмосферних відкладень	117
5.3. Результати досліджень атмосферних опадів	123
5.4. Оцінка континентального вкладу біогенних сполук в атмосферу над островом	130
<i>Розділ 6</i>	
АСТРОНОМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	
6.1. Телевізійне метеорне патрулювання на о. Зміїному	138
6.1.1. Опис експедицій та спостережних інструментів	138
6.1.2. Методика спостережень	140
6.1.3. Програмне забезпечення	142
6.1.4. Основні результати та їх аналіз	143
6.1.5. Висновки	148

6.2. Дослідження оптичних характеристик земної атмосфери на о. Зміїному у 2003–2006 рр.	149
<i>Резюме</i>	155
<i>Summary</i>	159
<i>Список посилань</i>	163

НАУКОВА БІБЛІОТЕКА ОНУ ім. І.І. МЕЧНИКОВА

CONTENTS

<i>Preface (Ukr.)</i>	1
<i>Preface (Engl.)</i>	10
<i>Introduction</i>	18
<i>Part 1</i>	
GENERAL CHARACTERISTICS OF THE ISLAND	22
<i>Part 2</i>	
GEOLOGICAL STRUCTURE OF THE ZMIINYI ISLAND	
2.1. History of Geological Studies of the Zmiinyi Island	28
2.2. Stratigraphy and Lithology of the Rock Mass Forming the Zmiinyi Island	34
2.3. Methodology of Current Studies	40
2.4. Main Results of Current Studies	41
<i>Part 3</i>	
STUDIES OF THE ZMIINYI ISLAND SOIL COVER	54
3.1. Methodology and Method of Studies and Work	55
3.2. Conditions and Processes of Soil Forming on the Island	57
3.3. Results of Soils and Soil Cover Studies on the Island	59
3.4. Findings and Conclusions	77
<i>Part 4</i>	
CLIMATIC AND METEOROLOGICAL STUDIES	
4.1. Overview of the Available Historical Data on the Climate of the Area	80
4.2. Terms and Methods of Studies in 2003–2007	82
4.3. Results of Meteorological Studies Carried Out and Their Analyses	85

4.4. Comparative Analysis of Average Monthly Values of Meteorological Parameters from the Zmiinyi Island and Ust-Dunaisk Meteorological Station	97
4.5. Results of Studies of the Island Orography's Influence on the Quality of Wind Regime Observations	100
4.6. Studies of the Island Relief Influence on Wind Fields	103
4.7. Studies of Radiation Characteristics of Atmosphere Over the Zmiinyi Island	105
4.8. Long-Term Climatic Changes in the Black Sea Region Near the Zmiinyi Island.	108
4.8.1. Wind Speed	108
4.8.2. Air Temperature	110
4.8.3. Relative Humidity	111
4.8.4. Atmospheric Precipitation	112
4.8.5. Cloudiness	114
4.8.6. Conclusions.	114

Part 5

ATMOSPHERIC CHEMISTRY STUDIES	115
5.1. Methods of Studies	116
5.2. Results of Studies of Atmospheric Depositions	117
5.3. Results of Studies of Atmospheric Precipitation	123
5.4. Assessment of Continental Input of Nutrients Compounds Into the Atmosphere Over the Island	130

Part 6

ASTRONOMICAL STUDIES

6.1. Television Meteor Patrolling on the Zmiinyi Island	138
6.1.1. Description of Surveys and Instruments for Observations	138
6.1.2. Methodology of Observations	140
6.1.3. Software	142
6.1.4. Main Results and Their Analysis	143
6.1.5. Conclusions	148

6.2. Studies of Optical Characteristics of the Earth Atmosphere on the Zmiinyi Island in 2003–2006	149
<i>Resume</i>	155
<i>Summary</i>	159
<i>References</i>	163

НАУКОВА БІБЛІОТЕКА ОНУ ім. І.І. МЕЧНИКОВА

Передмова

Острів Зміїний є одним з найважливіших геополітичних об'єктів сучасної Незалежної України, перлиною у скарбниці історико-культурної спадщини нашої Батьківщини, унікальним природно-географічним об'єктом, історія культурного освоєння якого сягає своїм корінням античності. Неповторність природного й культурного середовища острова, своєрідність його ролі на міжнародній арені в історичній ретроспективі та в наш час, виключне багатство природних ресурсів його шельфу визначають високе стратегічне значення острова Зміїного в ментальній карті сучасної України та роблять всебічне дослідження острова актуальним для подальшої розбудови нашої держави.

Геологічний вік порід, з яких складений острів Зміїний, вражає: він є єдиним місцем у межах території Причорноморської западини, де на денну поверхню виходять нижні горизонти осадового чохла, що утворилися у палеозої близько 400 млн років тому. У межах острова доступні також для безпосереднього вивчення гірські породи, які сформувалися в силурійський та девонський часи.

Єдиний на північно-західному шельфі Чорного моря, розташований на відстані близько 40 км від гирла р. Дунай острів Зміїний являє собою крайню південно-західну ділянку території сучасної України та має площу 20,5 га. Максимальна висота його над рівнем моря — 41,3 м, найбільша довжина — 682 м.

Відносна ізольованість острова, тривала недоторканість його природного середовища створили сприятливі умови для утворення унікальних комплексів рослинного й тваринного світу, характерні риси яких пов'язані із специфічністю умов існування на обмеженому просторі серед солоних водойм.

На острові Зміїному зареєстровано перебування всього 241 виду птахів, з яких 37 видів занесені в Червону книгу України. Серед птахів, які мігрують через острів, значна кількість таких, які знаходяться під глобальною загрозою зникнення у Європі. На острові зареєстровано 13 видів одонатофауни з 4 родин і 9 родів, у тому числі *Scutigera coleoptrata*, який внесено до Червоної книги України. Один з видів павуків — *Pardosa luctinosa luctinosa* — являє собою реліктовий вид літоральної фауни Сарматського моря.

Сучасна флора острова Зміїного представлена 197 видами насінних рослин із 136 родів, 46 родин, трьох класів, двох відділів, 71 видом лишайників та одним видом папоротей. Вид рястка відігнута *Ornithogalum refractum* занесений до Червоної книги України, Червоної книги Чорного моря та охороняється на місцевому рівні. На острові присутній реліктовий вид лишайників *Tornabea scutellifera*, занесений до Європейського Червоного списку та до Червоної книги України, а також ряд рідкісних для території України видів.

Екосистема прибережних вод острова Зміїного з точки зору біорізноманітності є унікальною у північно-західній частині Чорного моря, адже тут зустрічаються такі види гідробіонтів, які давно вже зникли у прибережній смузі вздовж чорноморського узбережжя. В районі острова зареєстровано 272 види водоростей семи відділів, загальний список фітопланктону складають 78 видів діатомових водоростей, 72 дінофітових (з них голі перидинеї — 21), 56 зелених, 23 синьо-зелених, 16 видів кокколитофорид і 13 золотавих, 4 види евгленових. Поблизу острова Зміїного зареєстровано 55 видів макрозообентосу. П'ять видів рідкісних крабів внесено до Червоної книги України і 7 видів — до Червоної книги Чорного моря. 11 видів ракоподібних, що мешкають біля острова, занесені в Протокол про збереження біорізноманіття та ландшафтів Чорного моря до Конвенції про захист Чорного моря від забруднення, ратифіковані Законом України № 685-V від 22.02.2007 р.

Унікальною видовою біорізноманітністю характеризується також іхтіофауна, яка налічує 49 видів риб. У прибережних водах зареєстровано три види риб, які занесені до Червоної книги України (морський коник чорноморський *Hippocampus guttulatus microstephanus*, умбринна світла *Umbrina cirrosa*, білуга *Huso huso*) та 17 видів риб, включених до Червоної книги Чорного моря. 7 видів охороняються з 1979 року Бернською конвенцією про охорону дикої флори і фауни. 13 видів риб, зареєстрованих у прибережних водах о. Зміїного, включені до списку зникаючих та рідкісних видів Протоколу про збереження біорізноманітності та ландшафтів Чорного моря.

У прибережних водах о. Зміїного зареєстровані три види чорноморських дельфінів (*Delphinus delphis*, *Phocoena phocoena*, *Tursiops truncatus*), які занесені в список зникаючих та рідкісних видів Протоколу про збереження біорізноманітності та ландшафтів Чорного моря. Два з цих видів, “білобочка” та “афаліна чорноморська”, включені також до Червоної книги України.

Отже, острів Зміїний та прилегла до нього частина шельфу Чорного моря постають районом зосередження біологічної різноманітності, яка не має аналогів в межах сучасної України за кількістю рідкісних видів та за унікальною видовою композицією й, відтак, може виступати джерелом зберігання, відтворення й збагачення генофонду флори і фауни північно-західної частини Чорного моря.

Історія культурного освоєння острова Зміїного розпочинається в античну добу, коли тут поєдналися міфи й реальність. Перші історичні згадки про острів Зміїний, що сьогодні являє собою крайню південно-західну ділянку території України, сягають VII ст. до РХ, коли він увійшов до мережі торговельних і комунікаційних магістралей причорноморських колоній і малоазійських метрополій та став найвідомішим місцем вшанування “найкращого з ахейців”, героя троянського міфологічного циклу Ахілла.

Як вважали античні греки, саме тут знаходився вхід до Тартару, підземного царства мертвих, де душі поставали перед володарем потойбічного світу Аїдом. З перших століть нової ери острів втрачає свій екстериторіальний статус, здобуваючи значення прикордонного маркера Римської імперії, по суті, будучи закінченням Дунайського лімесу.

В більш пізні часи острів належав різним історичним державним утворенням, серед яких Візантія, Київська Русь і Галицьке князівство, італійські торговельні республіки, Оттоманська Порта та її балканські васали, Російська імперія, Румунія, СРСР. За свою довгу історію острів мав багато назв: Левке, острів Ахілла, Філоксій, Фідонісі, Левка, Ілан-Ада, Шерпілор, Зміїний. Протягом всього часу свого використання острів Зміїний залишається об'єктом прискіпливої уваги відразу декількох держав на кожному історичному етапі свого освоєння.

Протягом цих буремних двох з половиною тисяч років історії острова простежується дотримання єдиного принципу використання його території не для життя, а для служіння — спочатку богам, а згодом державі. Започаткування постійного проживання на острові та формування складу постійних мешканців острова припадає на час Незалежності України. У лютому 2007 р. рішенням Верховної Ради України розташований на острові жилий комплекс отримав статус селища з назвою Біле в складі Кілійського району Одеської області. На острові сформована інфраструктура, яка спрямована на забезпечення належних умов проживання місцевого населення, постійно діють пошта й банківська

установи, будується новий житловий і науковий комплекси, медичний центр, планується будівництво храму, активно розгортаються дії з розвитку індустрії туризму й дайвінгу.

На добу Незалежності України припадає й фактичне усвідомлення унікальності острова Зміїного, яке ознаменувалося серією законодавчих актів, спрямованих на підтримку й захист природної й культурної спадщини острова. Указом Президента України № 1341/98 від 09.11.1998 р. острів Зміїний з прилеглою 500-метровою акваторією оголошений загальнозоологічним заказником й пам'яткою природи загальнодержавного значення, що мають особливу природоохоронну та наукову цінність. Завдяки унікальному геологічному походженню острова його внесено до реєстру геологічних пам'ятників України. Історико-археологічні комплекси острова Зміїного входять до Державного реєстру національного надбання (пам'ятки історії, монументального мистецтва та археології) за охоронним № 2194. У 2002 році острів включено до реєстру територій Європи, важливих для охорони птахів і територій, на яких вони мешкають.

З метою створення належних умов для проживання людей і провадження господарської та інших видів діяльності на острові, з урахуванням його унікальності та природоохоронного статусу, в 2002 році було розроблено і затверджено Постановою Кабінету Міністрів України №713 від 31.05.2002 р. "Комплексну програму подальшого розвитку інфраструктури та впровадження господарської діяльності на о. Зміїний й континентальному шельфі". Постановою Уряду України від 27 грудня 2006 р. №1807 дію Програми було продовжено до 2011 року. Виконуючи покладені вищезгаданою Постановою Кабінету Міністрів України завдання, Міністерство освіти і науки (МОН) України своїм наказом від 19.08.2002 р. № 440 призначило Одеський національний університет імені І. І. Мечникова (ОНУ імені І.І. Мечникова) базовою організацією МОН щодо виконання наукових досліджень на острові та прилеглому шельфі Чорного моря.

Історія наукових досліджень, що їх проводили вчені Одеського національного університету імені І. І. Мечникова (Імператорського Новоросійського університету) багата на непересічні постаті та визначні результати. Початківцями були ще професори Рішельєвського ліцею. Так, О. Д. Нордман разом із професором М. Н. Мурзакевичем здійснив у 1840 році подорож на Фідонісі і, таким чином, став першим натуралістом, який відвідав цей острів. Археологічні знахідки М. Н. Мурзакевича значно доповнили відомості про історію острова. Його праця

“Монеты, отысканные на острове Фидониси” дала початок історичним, археологічним та нумізматичним дослідженням на острові. Надалі їх продовжили та розвинули відомі історики й археологи Одеського (Новоросійського) університету — П. К. Брун, Е. Р. фон Штерн, М. Ф. Болтенко, П. О. Каришковський, С.А. Булатович та ін.

У 1956 році гідробіологічні дослідження в шельфовій зоні острова провів студент Одеського державного університету імені І. І. Мечникова Г. А. Соляник, який проходив практику на Одеській біологічній станції. З 1973 року свої орнітологічні дослідження на острові проводить доцент кафедри зоології Одеського національного університету імені І. І. Мечникова А.І. Корзюков. На острові організується науковий орнітологічний стаціонар університету, на якому ведуться спостереження за міграцією птахів.

Проблемними питаннями регіональної геології району о. Зміїний в межах північно-західного шельфу Чорного моря та вирішенням їх шляхом наукових досліджень зі стратиграфії, літології, геоекології, геохімії займалися геологи та географи Одеського університету. Праці професора І. М. Сулімова присвячені перспективам розробки нафтогазоносності шельфу Чорного моря навколо о. Зміїного. Професор Ю. Д. Шуйський в своїх роботах обґрунтовує доцільність інтерпретації Зміїного як острова, а не як скелі. Співробітники геолого-географічного факультету ОНУ імені І. І. Мечникова П. І. Жанталай, Я. М. Біланчин, І. О. Сучков та М. Й. Тортік брали участь у складі кількох експедицій університету на острів з метою дослідження умов ґрунтоутворення та картографування ґрунтового покриву цього унікального клаптика суходолу у Чорному морі.

Моніторингом острівних та морських екосистем, дослідженням біоценозів з метою зберегання біологічної різноманітності в районі острова в різні роки займалися природознавці ОНУ імені І. І. Мечникова. Праці професорів М. М. Зеленецького, К. О. Виноградова, В. О. Іваниці, В. Д. Севастьянова, науковців А. І. Корзюкова, В. В. Заморова, Т. В. Гудзенко, М. М. Джуртубаєва, Т. В. Васильєвої, В. І. Мединця, Н. В. Ковальової та інших співробітників Одеського національного університету імені І. І. Мечникова з приводу острова Зміїного широко відомі в наукових колах.

З 2002 року в Одеському національному університеті імені І. І. Мечникова розпочинається принципово новий етап дослідження острова Зміїного, пов'язаний з проведенням регулярних стаціонарних дослідницьких робіт на острові.

Першим кроком Одеського національного університету імені І. І. Мечникова, як головної організації МОН України щодо виконання завдань програми подальшого розвитку інфраструктури та впровадження господарської діяльності на о. Зміїний й континентальному шельфі, було розроблення нормативно-правової бази для створення науково-дослідної станції “Острів Зміїний” (НДСОЗ). У 2002 році ОНУ імені І. І. Мечникова розробив пакет базових документів, регламентуючих функціонування НДСОЗ, на базі яких було розроблено і затверджено наказом Міністра освіти і науки (від 13.12.2002 р. № 706) Положення про НДСОЗ. Розташована на острові НДСОЗ входить до складу Регіонального центру інтегрованого моніторингу і екологічних досліджень (директор центру В. І. Медінець) науково-дослідної частини (проректор професор В. О. Іваниця) Одеського національного університету імені І. І. Мечникова.

Другим завданням, яке передбачалось Програмою, було утворення навчально-наукового комплексу із станцією фоновго моніторингу. Наказом Міністра освіти і науки від 13.12.2002 р. № 706 в ОНУ імені І. І. Мечникова було створено навчально-науковий комплекс, до складу якого входять НДСОЗ, станція фоновго моніторингу, геолого-географічний, біологічний та історичний факультети університету.

В період з 2003 року до цього часу на о. Зміїному науковцями ОНУ імені І. І. Мечникова на базі створеної НДСОЗ проводяться дослідження з геоботаніки, ґрунтознавства, геології, гідрології, гідрохімії, гідробіології, мікробіології, орнітології, археології, астрономії та ін. За цей час Одеський національний університет виступає виконавцем 7 наукових проектів на загальну суму 1,7 млн грн, які виконуються на замовлення Міністерства освіти і науки України та Державного фонду фундаментальних досліджень.

Протягом 2003–2008 років на острові Зміїному було здійснено близько 60 міждисциплінарних наукових експедицій вчених Одеського національного університету імені І. І. Мечникова, в ході яких були відібрані декілька десятків тисяч зразків за всіма напрямками досліджень. Сплата всіх витрат по оренді судна, витрат на транспортування і відрядження співробітників, придбання реактивів та необхідного обладнання проводилась за рахунок спеціального фонду бюджету ОНУ імені І. І. Мечникова. Сумарні витрати за 2003–2008 роки склали близько 1 млн грн.

Вагома частина результатів, отриманих в ході комплексних експедиційних досліджень острова й прилеглих морських вод науковцями

Одеського національного університету імені І. І. Мечникова, є резонансними, унікальними та принципово новими.

Вперше була складена карта ґрунтів території острова та проведена оцінка їх сучасного еколого-геохімічного стану.

В ході спостереження за мігруючими птахами вперше для території України було відмічено 9 видів птахів. Вперше на острові знайдено павука-пігмея *Oedothorax apicatus*. Вперше встановлено таксономічний склад метеликів острова Зміїного. Як новий для науки був описаний один з виявлених видів кліщів — *Antennoseius ponticus*.

У рослинному покриві острова були знайдені 35 видів флори, які попередніми дослідниками не вказувалися. Вперше проведено вивчення лишайників острова. На острові Зміїний знайдено 71 вид лишайників, з них 3 види є новими для території України.

Вперше для району о. Зміїного зареєстровано присутність особливої групи мікроводоростей, що складається з 23 потенційно токсичних видів, які щорічно розвивалися в акваторії о. Зміїного у 2003–2006 роках. Вперше був складений детальний список видів іхтіофауни й бентосу, які зустрічаються в прибережних водах біля о. Зміїного. Вперше для північно-західної частини Чорного моря і для морських вод України взагалі був зареєстрований в прибережних водах о. Зміїного бичок паганеллюса *Gobius paganellus*. Вперше оцінені запаси мідій та рапанів, досліджені видові й кількісні характеристики бактеріопланктону прибережних вод, вивчений склад донних відкладів.

На запити Міністерства освіти і науки України, Міністерства закордонних справ України, Міністерства охорони навколишнього природного середовища, Одеської обласної державної адміністрації, Одеської обласної ради та Одеського обласного комунального підприємства “Острівне” на основі результатів експедиційних досліджень науковцями Одеського національного університету імені І. І. Мечникова були підготовані матеріали про стан природних і біологічних ресурсів о. Зміїного та прилеглої частини Чорного моря. Ці матеріали застосовуються для реалізації адміністративно-господарських заходів щодо розбудови інфраструктури о. Зміїного, використання у міжнародних переговорах з проблеми визначення статусу о. Зміїного, обґрунтування обсягів фінансування і здійснення природоохоронних заходів на о. Зміїному, ефективного використання і захисту природних ресурсів острова та планування заходів щодо збереження біологічної різноманітності морської прибережної екосистеми та підвищення природоохоронного статусу загальнодержавного загально-зоологічного заказника “Острів Зміїний”.

Окремої уваги заслуговують дослідження історії й археології острова Зміїного, що їх проводили молоді науковці Одеського національного університету імені І. І. Мечникова під керівництвом професора О. В. Сминтини. Наукова новизна одержаних ними результатів зумовлюється, насамперед, використанням специфічного підходу до історичної інтерпретації фактів, явищ та подій, що базується на розробленій керівником наукової групи теорії освоєння жилого простору. Цикл робіт авторки в цій галузі відзначений Премією Президента України для молодих вчених, стипендіями Верховної Ради України й Кабінету Міністрів України, фінансувався в рамках грантів Президента України для молодих вчених.

Визначним внеском у дослідження острова Зміїного є науковий доробок співробітників Наукової бібліотеки ОНУ імені І. І. Мечникова (директор НБ М. О. Подрезова), які зібрали інформацію про літературу, присвячену острову Зміїний, від стародруків XVI століття до сучасних видань. Вони розглянули джерела права, наукові юридичні публікації, твори античних авторів, свідчення мандрівників, картографічні матеріали та довідкові видання, які містять значний обсяг інформації з археології, історії, географії та інших наук. Вперше знайдені, досліджені й передані для використання до Міністерства закордонних справ архівні документи для сприяння захисту інтересів України щодо острова Зміїного, за що Міністерство закордонних справ України письмово висловило подяку Одеському національному університету імені І. І. Мечникова.

Наукова новизна, актуальність та важливість результатів наукових досліджень, отриманих науковцями Одеського національного університету імені І. І. Мечникова, висунула на порядок денний питання про їх узагальнення та широке оприлюднення з метою укріплення національної безпеки та авторитету України на міжнародній арені.

Міждисциплінарний комплексний науковий проект “Острів Зміїний” Одеського національного університету імені І. І. Мечникова (автор ідеї та керівник проекту проф. В. А. Сминтина) являє собою оригінальну групу п’яти проблемних монографічних наукових видань, які підсумовують результати наукових досліджень острова співробітниками університету до 2008 року:

Острів Зміїний. Інформаційні джерела (відповідальний редактор М. О. Подрезова).

Острів Зміїний. Історія і археологія (відповідальний редактор О. В. Сминтина).

Острів Зміїний. Рослинний і тваринний світ (відповідальний редактор В. О. Іваниця)

Острів Зміїний. Абіотичні характеристики (відповідальний редактор В. І. Медінець).

Острів Зміїний. Екосистема прибережних вод (відповідальний редактор В. І. Медінець).

Більшість отриманих унікальних результатів і матеріалів, що наведені в монографіях наукового проекту “Острів Зміїний”, публікується вперше.

Керівник проекту глибоко вдячний всім науковцям, аспірантам і студентам Одеського національного університету імені І. І. Мечникова, а також співробітникам інших організацій, які брали участь в експедиціях на о. Зміїний, забезпечували функціонування науково-дослідної станції “Острів Зміїний”, що допомогло отримати унікальні дані, викладені у науковому проекті “Острів Зміїний”.

Керівник наукового проекту “Острів Зміїний”
ректор Одеського національного
університету імені І. І. Мечникова,
лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки,
заслужений діяч науки і техніки України,
д-р фіз.-мат. наук, професор **В. А. СМІНТИНА**

Preface

The Zmiinyi Island is one of the most important geopolitical objects of contemporary independent Ukraine, a pearl in treasury of historical and cultural heritage of our Motherland, a unique natural and geographic object, which history of cultural development comes back to the ancient world. Singularity of natural and cultural environment, originality of its role in the international arena in historical retrospective and nowadays, exclusive richness of natural resources on its shelf determine high strategic value of the Zmiinyi Island in a mental map of current Ukraine and make comprehensive research of the island relevant for further development of our country.

Geological age of solids comprising the Zmiinyi Island is impressive: this is the only place within the territory of the Black Sea basin, where lower horizons of sedimentary cover, created in the Palaeozoic about 400 million years ago, come out to the day. Rocks formed in the Silurian and Devonian times are also available for direct study within the island.

Being the only island in the north-west shelf of the Black Sea, located approximately 40 km far from the mouth of the Danube, the Zmiinyi is the utmost south-west site of modern Ukraine, its area being 20,5 Ha. Its maximal height over the sea level is 41,3 m, extreme length is 682 m.

Relative isolation of the island and durable integrity of its environment created favourable conditions for the unique flora and fauna complexes formation, whose peculiarities are connected with specificity of existence within restricted space among saline water bodies.

241 bird species were registered on the Zmiinyi Island, out of them 37 were Red Data Book of Ukraine species and 9 species were registered in Ukraine for the first time. Among the birds migrating through the island, there is a significant part of globally endangered in Europe. 13 species of odonatofauna of 4 families and 9 gena including *Scutigera coleoptrata*, entered into the Red Data Book of Ukraine were registered on the island. One of spiders species — *Pardosa luctinosa luctinosa* — is epibiocotic species of the Sarmatian sea littoral fauna.

Modern flora of the Zmiinyi Island is represented by 197 species of seed plants of 136 gena, 46 families, three classes, two sections, 71 species of lichen and one species of fern. Species *Ornithogalum refractum* is entered into the Red Data Book of Ukraine, Black Sea Red Data Book and protected at the

local level. Epiobiotic species of lichen *Tornabea scutellifera* entered into the European Red List and the Red Data Book of Ukraine can be found on the island, as well as a number species that are rare for the territory of Ukraine.

From the biodiversity viewpoint the ecosystem of the Zmiinyi Island coastal waters is unique in the north-west part of the Black Sea, since there are such species of hydrobionts, which disappeared in the coastal line of the Black Sea coast long before. In the area of the island the following was registered: 272 algae species belonging to seven sections, general list of phytoplankton consists of 78 species of diatoms, 72 dynophitic (among them 21 bare peridineans), 56 green algae, 23 cyanobacteriae, 16 species of coccolithophora and 13 golden algae, 4 species of euglenic ones. 55 species of macrozoobenthos were found near the Zmiinyi Island. Five species of rare crabs were entered into the Red Data Book of Ukraine and 7 species — to the Black Sea Red Data Book. 11 species of cancriforms dwelling not far from the island were entered in the Black Sea Biodiversity and Landscape Conservation Protocol to the Convention on the Protection of the Black Sea Against Pollution, ratified by Law of Ukraine No. 685-V dated 22.02.2007.

Fish fauna, containing 49 fish species is also characterized by unique diversity of species. Three fish species entered into the Red Data Book of Ukraine (the Black Sea horse *Hippocampus guttulatus microstephanus*, light drum *Umbriina cirrosa*, beluga *Huso huso*) and 17 fish species included into the Black Sea Red Data Book were registered in the coastal waters. 7 species are being protected since 1979 under Bern Convention on Wildlife Protection. 13 fish species registered in of the Zmiinyi Island coastal waters were included into the list of disappearing and rare species of the Black Sea Biodiversity and Landscape Conservation Protocol to the Convention on the Protection of the Black Sea Against Pollution.

Three species of the Black Sea dolphins (*Delphinus delphis*, *Phocoena phocoena*, *Tursiops truncates*), entered in the list of disappearing and rare species the Black Sea Biological Diversity and Landscapes Preservation Protocol were registered in coastal waters of the Zmiinyi Island. Two of these species, common dolphin and Black Sea bottlenose dolphin, are also included into the Red Data Book of Ukraine

Thus, the Zmiinyi Island and the adjacent part of the Black Sea shelf are the area of biological diversity concentration without analogues within contemporary Ukraine with respect of the number of rare species and the unique species composition. Therefore the area could be a source of preservation, recreation and enrichment of flora and fauna gene pool of the north-western Black Sea.

History of cultural development of the Zmiinyi Island began in the ancient times, when myths and reality combined here. First historical references concerning the Zmiinyi Island, which today is an utmost south-west area of the territory of Ukraine, reach VIIth century BC, when it was included to the chain of trade and communication ways of the Black Sea colonies and Minor Asia metropolis and became the most famous place to honour “the best of the Achaeans”, the hero of Trojan mythological cycle — Achilles.

Ancient Greeks believed that it was here where the gateway to the Tartarus, the underworld of dead, where souls appeared before the lord of the other world Hades, was situated. From first centuries of new era the island lost its exterritorial status, getting the meaning of a boundary marker of the Roman Empire being in essence the completion of the Danube limes.

Later the island belonged to various historical state formations as follows: Byzantium, Kievan Rus and Galich, Italian trade republics, the Ottoman Porte and its Balkan vassals, the Russian Empire, Romania and USSR. For its long history the island had a lot of different names: Levke, Achill’s Island, Phylloxy, Phidonisi, Levka, Ilan-Ida, Sherpilor, Zmiinyi. In all times when it was used the Zmiinyi Island has remained an object of captious attention of several states on every historical stage of its exploration.

During these stormy two and a half thousand years of the island’s history, observation of a single principle of its territory usage not for life, but for devotion — first to God, then to State — has been retraced. Establishment of permanent residence on the island and formation of permanent residents of the island relates to time of Independence of Ukraine. In February 2007 Verkhovna Rada of Ukraine granted the status of an urban settlement Bile of Kiliya District, Odesa Region, to the residential complex located on the island. Infrastructure, aimed at provision of duly life conditions for local population has been formed on the island; post and bank establishments are working stably, new residential, scientific and medical centres are being built, building of church is planned, tourism and diving are being actively developed.

The period of Independence of Ukraine includes also actual realization of unique character of the Zmiinyi, marked by a number of legislation acts, aimed at support and protection of natural and cultural heritage of the island. By the Decree of President of Ukraine No. 1341/98 dated 09.11.1998 the Zmiinyi Island with adjacent 500 meter water area was declared general zoological reserve and natural monument of National significance having special nature conservation and scientific value. Due to unique geological origin of the island it was entered to the Register of geological monuments of Ukraine. Historical-archaeological complexes of the Zmiinyi Island form a part of

the State Register of National Heritage (historic monuments, monumental art and archaeology) under protection number 2194. In 2002 the island was included to the Register of European territories important for protection of birds and their life environment.

To create adequate living conditions for people and implement economic and other activities on the island, taking into account its uniqueness and conservation status, in 2002 the “Complex Program on Further Development of Infrastructure and Implementation of Economical Activity on The Zmiinyi Island and Continental Shelf” was developed and approved by the Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 713 dated 31.05.2002. By the Decree of government of Ukraine No. 1807 dated 27.12.2006 the validity term of the program was prolonged till 2011. Fulfilling the tasks, assigned by the aforesaid Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine, the Ministry of Education and Science (MES) of Ukraine by Order No. 440 dated 19.08.2002 appointed Odesa National I. I. Mechnikov University as the main institution of MES dealing with scientific researches on the island and the adjacent Black Sea shelf.

The history of studies conducted by the researchers of Odesa National I. I. Mechnikov University (Imperial Novorossiya University) is full of unique persons and remarkable results. The professors of Richelieu lyceum were originators. For instance, O. D. Nordman together with professor M. N. Murzakevych made a journey to Phidonisi and in that way became the first naturalist that visited the island. Archaeological discoveries of M. N. Murzakevych expanded the knowledge on the history of the island. His work “The Coins Found on Phidonisi Island” initiated historical, archaeological and numismatic studies on the island. They were further continued and evolved by famous historians and archaeologists of Odesa (Novorossiya) University — P. K. Brun, E. R. von Stern, M. F. Boltenko, P. O. Karyshkovskyy, S. A. Bulatovych and others.

In 1956 hydrobiological studies of the shelf area were carried out by the student of Odesa State I. I. Mechnikov University G. A. Solyanik, who did the practical work at Odesa biological research station. From 1973 A. I. Koryukov, assistant professor of zoology chair of the ONU, conducted his ornithological studies on the island. The Ornithological Research Station of the University was organised on the island to observe migration of birds.

Geologists and geographers of the ONU studied the problem issues of the regional geology of Zmiinyi area within the territory of the north-west Black Sea shelf and their solving by means of scientific researches in stratigraphy, sedimentology, geocology and geochemistry. The works by Profes-

essor I. M. Sulimov are dedicated to development of oil-and-gas content of the Black Sea shelf around the Zmiinyi Island. Professor Y. D. Shuyskyy grounds appropriateness of considering Zmiinyi an island, not a rock. Members of geological and geographical faculty of the ONU named after I. I. Mechnikov — P. I. Zhantalay, Y. M. Bilanchyn, I. O. Suchkov and M. Y. Tortyk participated in several surveys on the island with the aim to study the conditions of soil formation and to map soil cover of this unique piece of dry land in the Black Sea.

At different times the naturalists of the ONU named after I. I. Mechnikov conducted monitoring of island and sea ecosystems and studied biocoenoses with the purpose to preserve biological diversity in the island area. The works of professors M. M. Zelenetskyy, K. O. Vynogradov, V. O. Ivanytsia, V. D. Sevastyanov, researchers A. I. Korzyukov, V. V. Zamorov, T. V. Gudzenko, M. M. Dzhurtubayev, T. V. Vasylyeva, V. I. Medinets, N. V. Kovalova and other staff members of Odesa National I. I. Mechnikov University are widely known in scientific spheres.

Since 2002 a fundamentally new stage in research of the Zmiinyi Island, connected with implementation of regular stationary studies on the island has been commenced by Odesa National I. I. Mechnikov University.

The first step of Odesa National I. I. Mechnikov University as the Ministry of Education and Science appointed leading organisation to fulfil the tasks of the programme of further infrastructure development and introduction of economic activities on the Zmiinyi Island and continental shelf, was the development of legal basis for creation of scientific research station “The Zmiinyi Island” (SRSZI). In 2002 the Odesa National I. I. Mechnikov University has developed a set of basic documents regulating functioning of the SRSZI, on which basis Provision on the SRSZI was developed and approved by the Order of the Ministry of Education and Science (dated 13.12.2002 No.706). Being located on the island, the SRSZI is included into the structure of the Regional Centre for Integrated Monitoring and Ecological Studies (Head of the centre is V. I. Medinets) of scientific research branch (Vice Rector Professor V. O. Ivanytsia) of Odesa National I. I. Mechnikov University.

The second assignment, stipulated by the Program, consisted in creation of educational scientific complex with the background monitoring station. By the order of the Minister of Education and Science dated 13.12.2002 No.706 the scientific research complex comprising the SRSZI, background monitoring station, geological and geographical, biological and historical faculties of the university was established at the Odesa National I. I. Mechnikov University.

Within the period from 2003 up to the present time researchers the Odesa National I. I. Mechnikov University on the basis of the SRSZI have been carrying out investigations and studies in geobotany, soil science, geology, hydrology, hydrochemistry, hydrobiology, microbiology, ornithology, archaeology, astronomy, etc. on the Zmiinyi Island. During this time Odesa National I. I. Mechnikov University has been acting as an executor of seven scientific projects for the general amount of 1,7 million UAH, which were carried out upon the order of the Ministry of Education and Science of Ukraine and State Fund of Fundamental Researches.

During 2003-2008 about 60 interdisciplinary research surveys were carried out by the researchers of Odesa National I. I. Mechnikov University on the Zmiinyi Island, in the course of which several tens of thousands samples on all directions of the studies were collected. Payment of all expenses, connected with the rent of ship, costs on transportation and business trips of officials, purchase of reagents and all necessary equipment was made using the special budget fund of the Odesa National I. I. Mechnikov University. Total expenses for 2003-2008 years made about 1 million UAH.

Significant part of the results, obtained by the researchers of Odesa National I. I. Mechnikov University during the complex surveys of the island and adjacent sea waters are resonant, unique and principally new.

For the first time a soil map of the island territory was made and the current ecological and geochemical conditions assessed.

In the process of birds migration monitoring 9 bird species was registered within the territory of Ukraine for the first time. For the first time pygmy spider *Oedothorax apicatus* was found on the island. For the first time the taxonomic structure of the Zmiinyi butterflies was determined. One of the discovered types of mites — *Antennoseius ponticus* was described as the new for the science.

35 types of flora, which had never been indicated by researchers, were discovered in the island cover. For the first time study of the island lichens was carried out. 71 species of lichens were found on the Zmiinyi Island, 3 of which were new for the territory of Ukraine.

For the first time presence of a special group of microalgae consisting of 23 potentially toxic species that developed annually in the Zmiinyi water area in 2003-2006 was registered in the island area. For the first time the detailed list of fish fauna and benthos species found in coastal waters around the Zmiinyi Island was made. First for the north-west part of the Black Sea and for the sea waters of Ukraine as a whole, *Gobius paganellus* was registered in coastal waters of the Zmiinyi Island. For the first time mussels and rapa whelk resources

were assessed, typical and quantitative characteristics of bacterial plankton of coastal waters were researched and composition of bottom sediments were studied.

On requests of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Ministry of Foreign Affairs of Ukraine, Ministry of Natural Environment Protection, Odesa Regional State Administration, Odesa Regional Council and Odesa Regional Utilities Enterprise “Ostrivne” on the basis of results from the surveys the researchers of the Odesa National I. I. Mechnikov University prepared materials about the state of natural and biological resources of the Zmiinyi and adjacent part of the Black Sea. These materials are used for implementation of administrative and economic measures concerning development of infrastructure of the Zmiinyi Island, for the international negotiations on the matter of determination of status of the Zmiinyi Island, substantiation of financing amount and execution of natural protection measures on the Zmiinyi Island, sustainable use and protection of the natural resources, as well as planning of measures related to preservation of biological diversity of marine coastal ecosystem and upgrading the conservation status of the general state zoological reserve “Zmiinyi Island”

Special attention should be paid to research of history and archaeology of the Zmiinyi Island, conducted by young scientists of Odesa National I. I. Mechnikov University under supervision of Professor O.V. Smyntyna. Scientific novelty of the results received by them, first of all is conditioned by application of a specific approach to historical interpretation of facts and events, based on the theory of living space exploitation, developed by the head of the research group. Cycle of works of the author in this sphere, awarded with premium for young scientist by President of Ukraine and scholarships from Verkhovna Rada of Ukraine and Cabinets of Ministers of Ukraine, was funded within grants of President of Ukraine for young scientists.

An outstanding contribution to the studies of the Zmiinyi Island is the scientific work of the staff of the Scientific Library of Odesa National I. I. Mechnikov University (Director of the library — M. O. Podrezova), who gathered information about literature, devoted to the Zmiinyi Island from old printings of the XVI century to modern publications. They considered law sources, scientific legal publications, works of ancient authors, statements of travellers, cartographic materials and reference works, containing significant scope of information in archaeology, history, geography and other sciences. Archive documents for promotion of protection of interests of Ukraine concerning the Zmiinyi Island were first found, researched and transferred for usage to the Ministry of Foreign Affairs of Ukraine and the

Ministry expressed their gratitude to Odesa National I. I. Mechnikov University in writing.

Scientific novelty, urgency and importance of the results of the studies received by the scientists of Odesa National I. I. Mechnikov University put the question concerning their generalisation and wide publicity with a purpose to strengthening of safety and authority of Ukraine in the international arena.

Interdisciplinary integrated scientific project “The Zmiinyi Island” of Odesa National I. I. Mechnikov University (author of idea and head of the project is V. A. Smyntyna) represents an original group consisting of five problematic monographic scientific publications, summarizing results of research surveys of the island by the University staff up to 2008:

The Zmiinyi Island. Information Sources (executive editor M. O. Podrezova).

The Zmiinyi Island. History and Archaeology (executive editor O. V. Smyntyna).

The Zmiinyi Island. Flora and Fauna (executive editor V. O. Ivanytsia).

The Zmiinyi Island. Abiotic Characteristics (executive editor V. I. Medinets).

The Zmiinyi Island. Ecosystem of Coastal Waters (executive editor V. I. Medinets).

The majority of unique results and materials received and provided in the monographs of the scientific project “The Zmiinyi Island” are being published for the first time.

Head of the project is deeply thankful to all scientists, postgraduates and students of Odesa National I. I. Mechnikov University the staff members of other organisations, who participated in surveys on the Zmiinyi Island, provided functioning of scientific and research station “The Zmiinyi Island” that helped to obtain unique data presented in the scientific project “The Zmiinyi Island”.

Head of the scientific project “The Zmiinyi Island”
Rector of Odesa National I. I. Mechnikov University
Laureate of a State Premium of Ukraine in the field
of science and technology,
Honoured Worker of science and technology of Ukraine,
DrSc (physics and mathematics), Professor **V. A. SMYNTYNA**

Вступ

Окремі наукові дослідження о. Зміїного було розпочато ще в ХІХ сторіччі [7]. Не зважаючи на те, що в останні десятиріччя шельф північно-західної частини Чорного моря вивчався достатньо інтенсивно [3, 5], природа самого острова і його прибережної частини залишалася слабо вивченою.

Інтенсивні комплексні наукові дослідження екосистеми острова були початі науковцями ОНУ ім. І. І. Мечникова лише з 2003 р. в рамках затвердженої Постановою Кабінету Міністрів України №713 від 31.05.2002 р. “Комплексної програми подальшого розвитку інфраструктури та впровадження господарської діяльності на о. Зміїний й континентальному шельфі” [9, 10].

При виконанні досліджень острова базовим підходом було здійснення комплексу спостережень, які б давали повну картину сучасного стану острівної екосистеми, насамперед її тваринного і рослинного світу, а також тих абіотичних факторів, які формують біотоп острова. При цьому враховувались основні риси геологічної і загальнозоологічної унікальності острова. Наукові і практичні результати вивчення тваринного і рослинного світу острова науковцями ОНУ ім. І. І. Мечникова узагальнені в монографії [8].

Реальні наукові дослідження абіотичних характеристик екосистеми о. Зміїного були початі науковцями ОНУ ім. І. І. Мечникова у 2003 р. і продовжуються до цього часу в рамках науково-дослідних проєктів, які фінансуються Міністерством освіти і науки України [1, 5, 6, 9, 10, 12, 13]:

— “Проведення комплексного обстеження та розробка системи інтегрованого екологічного моніторингу і довгострокових наукових досліджень о. Зміїний та прилеглого шельфу” (2003–2005 рр.);

— “Розробка методів збереження продуктивності морської екосистеми в регіоні о. Зміїний з урахуванням впливу дальнього атмосферного переносу забруднень” (2003–2004 рр.);

— “Розробка екологічно безпечної автономної системи енергозабезпечення інфраструктури о. Зміїний” (2004–2005 рр.);

— “Системні дослідження екосистем о. Зміїний та прилеглої частини Чорного моря для визначення і обґрунтування створення ефектив-

ної інфраструктури та доцільно збалансованого екологічно безпечного сталого розвитку господарської діяльності в сучасних гідролого-гідрохімічних і метеорологічних умовах” (2006–2008 рр.).

В період з 2003 до 2007 рр. комплексні дослідження абіотичної складової екосистеми острова охоплювали як тіло самого острова, так і його поверхню та атмосферу над ним і проводились з наступних наукових напрямків: ґрунтознавство, геологія, метеорологія, атмосферна хімія і астрономія.

За 2003–2007 рр. було виконано біля 50 цільових експедицій, в яких взяло участь більш як 80 науковців, аспірантів і студентів університету. Проводилось вивчення геологічної будови і структури острова, характеристики і особливостей формування ґрунтового покриву, температурного і вітрового режиму, радіаційних характеристик, кількості і хімічного складу атмосферних опадів і відкладень, оптичних характеристик атмосфери для майбутніх астрономічних спостережень.

В основу запропонованої читачу монографії покладено матеріали, які стосуються безпосередньо абіотичної складової екосистеми острова, а саме результатів геологічних, ґрунтознавчих, кліматичних, атмосферно-хімічних і астрономічних досліджень, які були проведені на острові у 2003–2007 рр. Більша частина даних публікується вперше.

Монографія за своєю структурою містить вступ і шість розділів: “Загальна характеристика острова”, “Геологічна будова о. Зміїного”, “Дослідження ґрунтового покриву о. Зміїного”, “Кліматичні і метеорологічні дослідження”, “Атмосферно-хімічні дослідження” і “Астрономічні дослідження”.

В першому розділі “Загальна характеристика острова” наводяться загальні фізико-географічні дані стосовно розмірів острова (площа, висоти, розміри, довжина берегової лінії) та його розташування в Чорному морі (географічні координати, відстані до найближчих портів і т. ін.), які були отримані авторами з використанням найсучасніших методів та космічної зйомки. Описані найбільш важливі господарчі об’єкти, в тому числі і науково-дослідна станція “Острів Зміїний”, а також дано коротку характеристику загальнодержавного загальнозоологічного заказника, частина якого розташована безпосередньо на острові.

В розділі “Геологічна будова о. Зміїного” автори наводять огляд історичних геологічних досліджень, який містить детальний аналіз геологічної будови та походження гірських порід, з яких складається острів. Розглянуті питання стратиграфії та літології острова з пошаровим опи-

сом розрізу з урахуванням результатів буріння. Наводяться дані про хімічний склад порід. Показано, що основну частину острова складають палеозойські відкладення (силур і девон) та кайнозойські утворення. Наведено дані про гранулометричний та мінералогічний склад порід. Коротко наведені дані про сучасну морфологію та динаміку острівних берегів.

Третій розділ “Дослідження ґрунтового покриву о. Зміїного” присвячений аналізу отриманих вперше результатів досліджень ґрунтів та умов і процесів їхнього утворення. На основі експедиційних даних наводяться основні характеристики ґрунтового покриву острова і розглянуті основні чинники ґрунтоутворення. По результатах досліджень побудовано карту ґрунтового покриву острова. Розглянуті особливості морфології і складу ґрунтів. Показано, що за гранулометричним складом ґрунти о. Зміїного є піщано-супіщані і піщано-легкосуглинкові. Вивчені профільні розподіли солей та характер їхнього накопичення в ґрунтах різних частин острова. Виявлено унікальну аномально високу гумусність та вміст рухомих форм живильних речовин азоту і фосфору у верхніх шарах ґрунтів. Показано, що аналогів подібних умов і процесів ґрунтоутворення на Україні немає.

У розділі “Кліматичні і метеорологічні дослідження” розглянуті і проаналізовані існуючі в літературі і отримані на острові в останні роки дані спостережень за температурою і вологістю повітря, атмосферними опадами, атмосферним тиском, напрямком і швидкістю вітру, радіаційними характеристиками і іншим. Проведений порівняльний аналіз метеорологічних параметрів, які вимірюються на о. Зміїному та найближчій українській метеостанції “Усть-Дунайськ”, в результаті якого було виявлено тренди підвищення температури та зниження сум атмосферних опадів на обох станціях. Досліджено вперше вплив орографії острова на вітрові поля над островом. Наведено і проаналізовано детальні дані про радіаційні характеристики, які можна використовувати для впровадження установок сонячної енергетики на острові. З використанням історичних даних вперше проаналізовані довгострокові кліматичні зміни району Чорного моря поблизу о. Зміїного. Обґрунтовано висновок про те, що в західній частині Чорного моря, в тому числі і на о. Зміїному, в останні десятиріччя спостерігаються тенденції регіонального потепління, які тісно пов’язані з глобальними змінами потепління на Землі в цілому.

Розділ “Атмосферно-хімічні дослідження” присвячений аналізу результатів моніторингу атмосферних опадів і відкладень на поверхні

острова. Наведені і проаналізовані дані про хімічний склад, електропровідність, водневий показник зразків атмосферних опадів і відкладень. Проведено оцінку континентальної складової потоків біогенних сполук та інших забруднюючих речовин на поверхню Чорного моря в районі о. Зміїного.

В розділі “Астрономічні дослідження” розглянуті результати експедицій, основною ціллю яких була організація метеорного патрулювання та дослідження оптичних характеристик атмосфери над о. Зміїним. Обґрунтовано наявність ідеальних умов для проведення постійних астрономічних спостережень на острові.

Три розділи, представлені в монографії, підготовлено співробітниками Регіонального центру інтегрованого моніторингу і екологічних досліджень к. ф.-м. н. Медінцем В. І., Газетовим Є. І., Проценко В. В., Медінцем С. В.; два — науковцями геолого-географічного факультету к. г. н. Біланчиним Я. М., к. г. н. Тортиком М. Й., к. г. н. Жанталаєм П. І., Буяновським А. О., к. г.-м. н. Сучковим І. О., к. г. н. Федорончук Н. О. і один — спеціалістами астрономічної обсерваторії ОНУ ім. І. І. Мечникова к. ф.-м. н. Горбаньовим Ю. М., Шестоपालовим В. О., Сарестом Л. О. та Голубаєвим О. В. В написанні монографії також брав участь к. г. н. Морозов В. М. — директор Дунайської гідрометобсерваторії.

Більшість результатів спостережень і аналізів, які наводяться в монографії, отримані за безпосередньої участі спеціалістів Регіонального центру інтегрованого моніторингу і екологічних досліджень ОНУ ім. І. І. Мечникова, які забезпечують вахтову роботу науково-дослідної станції “Острів Зміїний”, та тих науковців, аспірантів і студентів, які брали участь в цільових експедиціях і аналізі зразків. Серед них В. В. Писаренко, І. В. Вострикова, А. П. Милева, А. С. Покась, О. М. Абакумов, А. М. Новіков, І. К. Дяченко, А. О. Сорокоумов, В. З. Піцик та інші. Всім вищевказаним персонам колектив авторів монографії висловлює свою подяку.

Окрема подяка с. н. с. Конаревій О. П. і м. н. с. Солтис І. Є. за велику роботу, яку вони виконали при підготовці рукопису монографії до опублікування.

Розділ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОСТРОВА

Острів Зміїний (у давні часи Левке, Ахілесовий острів, Філоксія, Фідонісі, Ілан-Ада, Шерпілор) [4, 7] знаходиться в Чорному морі в кількох десятках кілометрів на схід від дельти Дунаю в **територіальних морських водах України**. Постановою Верховної ради України від 17 січня 2002 р. №3002- III територія о. Зміїного площею 20,5 га віднесена до Кілійського району Одеської області. 8 лютого 2007 р. Постановою Верховної ради України № 646-V населеному пункту Кілійського району Одеської області, що знаходиться в межах Вилківської міської ради, присвоєно найменування — селище Біле.

Острів являє собою кам'янисте з уклоном у північно-східному напрямку плато з обривистими берегами, висота яких досягає 20–25 м. Острів виділяється унікальними географічно-геологічним розташуванням, біорізноманіттям та археологічною цінністю. Давно відомо, що острів і його прибережні води є “унікальним біотопом на фоні пространих плоских песчаных, илистых и ракушечных грунтов” [9]. Але з усіх нечисленних островів Чорного моря насамперед о. Зміїний виділяється своєю унікальною геологічною будовою. Безперечним фактом є те, що о. Зміїний — єдине тектонічне підняття на великому (64 000 км²) північно-західному шельфі Чорного моря, обмежене з усіх боків розломами. В тектонічному відношенні острів прив'язаний до зони з'єднання крупних елементів земної кори, включаючи палеозойські мегаструктури Північної Добруджі, Мізійську та Скіфську епігерцінські плити, Придобруджинський перікратонний прогин і південний уклін Східноєвропейської докембрійської платформи. Геологічна структура острова є унікальним прикладом виходу на поверхню найстаріших палеозойських відкладень в басейні Чорного моря. Саме тому острів внесено до реєстру геологічних пам'яток України. Детально геологічні особливості острова наведено в розділі 2. Територію острова складають щільні конгломерато-брекчії породи, метаморфозовані кварцити, рідко пісковики та опокові глини. Особливості ґрунтового покриву, який сформувався під довгостроковим впливом моря, детально описані в розділі 3, а кліматичні особ-

ливості і результати метеорологічних досліджень наведено в розділі 4 цієї монографії.

Указом Президента України від 09.12.1998 р. № 1341/98 “Про території та об’єкти природно-заповідного фонду загальнодержавного значення” створено загальнозоологічний заказник загальнодержавного значення “Острів Зміїний”, до складу якого включено екологічно цінну частину острова з прилеглою 500-метровою акваторією Чорного моря загальною площею 232 га. Більш детально особливості сучасного стану рослинного і тваринного світу острова та унікальність біорізноманіття прибережних вод наведені в монографіях ОНУ ім. І. І. Мечникова [5, 6].

О. Зміїний — унікальний історико-археологічний об’єкт далекого минулого України; згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 27.12.2001 р. № 1761, о. Зміїний включений до державного реєстра національного надбання (пам’ятки історії, монументального мистецтва і археології) за охоронним № 2194. Детальний аналіз історичних і археологічних матеріалів наведено в монографіях [4, 7].

Географічні та геоморфологічні дані (відстані до Одеси, дельти Дунаю та інших географічних точок, довжина та ширина острова, довжина берегової смуги та ін.), які наводяться в останні часи в пресі та публікаціях, дуже різняться. Саме тому нами були виконані вимірювання основних сучасних характеристик острова. Для визначення координат, відстаней та інших характеристик ми використовували сучасні карти і космічні знімки, які розміщені в Інтернеті (сайт earth.google.com), а також дані власних топографічних зйомок, які ми проводили за допомогою GPS — приймачів типу “Garmin GPS”.

Визначення площі острова та довжини берегової смуги виконано нами за допомогою програмного пакету ARC GIS 9.2. Визначена таким чином найменша віддаленість від українського берега складає 34,5 км, від румунського — 36,7 км, від турецького — 427 км, від м. Одеси — 130 км, від півострова Крим — 180 км. Найближчі українські населені пункти — порт Усть-Дунайськ (44 км) та м. Вилкове (50 км) Кілійського району, з румунських — порт Суліна (43,5 км). Ці та інші важливі характеристики острова наведено в табл. 1.1 та ілюструються рис. 1.1 — 1.3.

Аналіз контурів берегової смуги (рис. 1.2 та 1.3), визначення яких виконано по результатах аналізу карти ДП “Держгідрографія” [9] та космічного знімку QuickBird [2], свідчить, що вона є складною, бо відчувається вплив геологічної будови, яку детально описано в розділі 2.

Таблиця 1.1

Основні географічні характеристики о. Зміїного

№ n/n	Параметр	Об'єкт	Результати*
1	Найкоротша відстань, км	о. Зміїний — м. Одеса (рис. 1.1)	130*
2	Найкоротша відстань, км	о. Зміїний — п. Усть-Дунайськ (рис. 1.1)	44*
3	Найкоротша відстань, км	о. Зміїний — м. Вилкове (рис. 1.1)	50*
4	Найкоротша відстань, км	о. Зміїний — берегова смуга дельтової частини Дунаю (рис. 1.1)	34,5*
5	Найкоротша відстань, км	о. Зміїний — п. Констанца (рис. 1.1)	170*
7	Найкоротша відстань, км	о. Зміїний — п. Суліна (рис. 1.1)	43,5*; 44,814 [13]
8	Довжина берегової лінії острова, м	о. Зміїний (рис. 1.2 [10]) (рис. 1.3 [9])	2292*; 2247 [9]; 2185 [11]; 1973 [13]
9	Площа острова всього кв. км.	о. Зміїний (рис. 1.2) (рис. 1.3)	0,205*; 0,205 [9]; 1,7 [13]
10	Площа острова вкрита рослинністю, кв. км	о. Зміїний	0,16*
11	Найбільша довжина, м (напрямок ПнчЗх — ПднСх)	о. Зміїний (рис. 1.2, лінія 1)	690*; 662 [13]
12	Найбільша довжина, м (напрямок ПнчСх — ПднЗх)	о. Зміїний (рис. 1.2, лінія 2)	682*
13	Найменша ширина, м	о. Зміїний (рис. 1., лінія 3)	396*
14	Максимальна глибина в 500-м шельфі, м	Шельф о. Зміїного	37*
15	Середня глибина в 500-м шельфі, м	Шельф о. Зміїного	23-24*
16	Координати башти маяка (WGS-84)	Маяк о. Зміїного (рис. 1.2)	45°15'18" п. ш.*; 30°12'11" с. д.*; 45°15'3" п. ш. [8]; 30°12'3" с. д. [8]; 45°15'53" п. ш. [13]; 30°14'41" с. д. [13]

Продовження табл. 1.1

№ п/п	Параметр	Об'єкт	Результати*
17	Висота башти маяка, м	Маяк о. Зміїного (рис. 1.4)	18 [8]
18	Висота найвищої точки острова, м	(рис. 1.4)	41,3 [12]; 40 [13] 41 [8]
19	Координати – найзахіднішої точки	о. Зміїний (рис. 1.2, точка 4)	45°15'23,86" п. ш.*; 30°12'0,54" с. д.*
20	– найсхіднішої точки	о. Зміїний (рис. 1.2, точка 6)	45°15'23,78" п. ш.*; 30°12'27,95" с. д.*
21	– найпівнічнішої точки	о. Зміїний (рис. 1.2, точка 5)	45°15'26,83" п. ш.*; 30°12'24,22" с. д.*
22	– найпівденнішої точки	о. Зміїний (рис. 4, точка 7)	45°15'07,84" п. ш.*; 30°12'19,52" с. д.*

Примітка: * Вказано результати, які отримані авторами.

Вертикальний розподіл поверхні острова ілюструється рис. 1.4, на якому представлено фотознімок острова з північно-західного напрямку.

В найвищій центральній частині острова (висоти від 35 до 41 м) розташовані башта маяка (рис. 1.5), пошта, службові будівлі прикордонників та маячної служби. В північно-східній частині, яка має висоти 12–15 м, розташовані основні житлові будівлі, науково-дослідна станція “Острів Зміїний”, амбулаторія, відділення банку “Аваль”, адміністративний будинок КП “Острівне” та ін.

У північній частині острова знаходиться і причальний комплекс, який дає змогу організувати доставку вантажів та налагодити пасажирське сполучення острова з іншими портами Чорноморського узбережжя (рис. 1.6).

На острові почато роботи з облаштування системи водопостачання та каналізації, станції біологічної очистки стічних вод, сучасної системи енергозабезпечення. У 2002 р. Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова створив на острові науково-дослідну станцію “Острів Зміїний”. Починаючи з 2003 р., вахтовим методом тут працюють науковці Одеського національного університету ім. І. І. Мечникова, які проводять комплекс геологічних, ботанічних, біологічних, екологічних і інших досліджень на острові і прилеглому шельфі.

Зараз лабораторія та вахтовий персонал науково-дослідної станції розміщуються в орендованому будинку комунального підприємства “Острівне” (рис. 1.7.) площею 69 м².

Однією з особливостей острова і прилегло до нього шельфу Чорного моря є те, що на острові та на прилеглий частині Чорного моря розташований загальнозоологічний заказник загальнодержавного значення. За дотриманням природоохоронного законодавства на території острова відповідно до охоронного свідоцтва і Положення про заказник стежить Обласне комунальне підприємство “Острівне”. Карта-схема та розраховані площі заказника на острові відповідно до Положення та Указу Президента України від 9 грудня 1998 р. № 1341 наведені на рис. 1.8 і в табл. 1.2. Згідно наших оцінок охоронювана територія заказника на острові охоплює 5,9 га з 20,5 всієї площі острова.

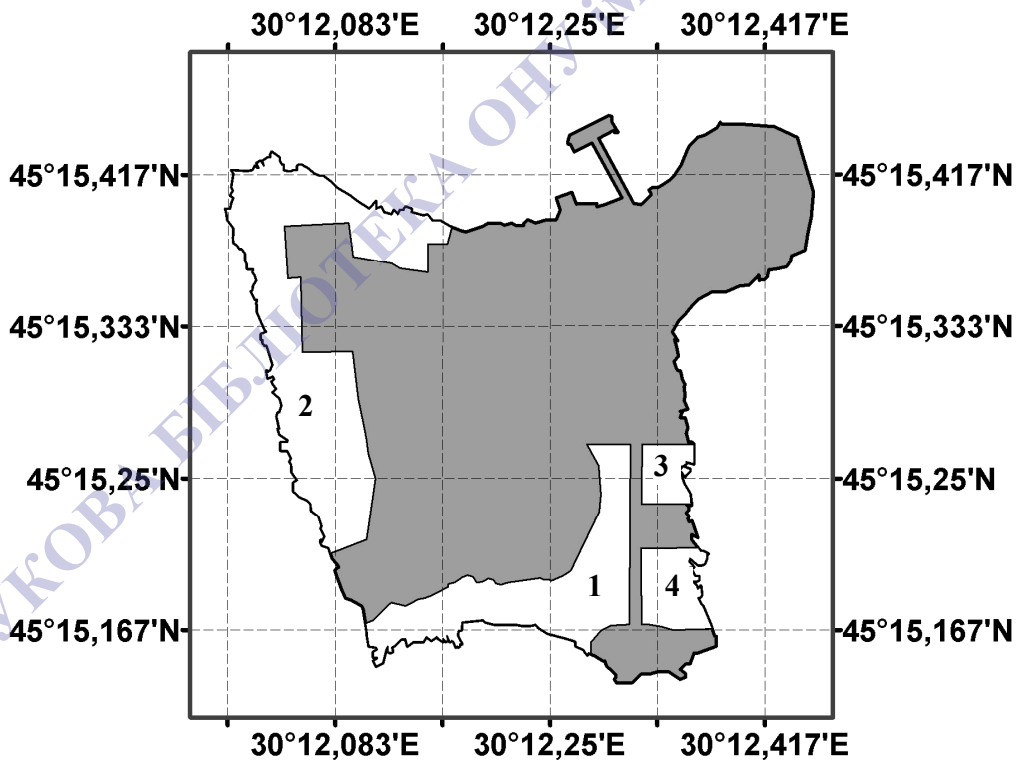


Рис. 1.8. Схема розташування площ загальнозоологічного заказника загальнодержавного значення “Острів Зміїний” відповідно Положення від 2005 р.

1–4 — номери окремих часток території заказника відповідно табл. 1.2

Таблиця. 1.2

Результати розрахунків значень площ та периметрів реальної території (станом на 1 липня 2007 р.) загальнодержавного загальнозоологічного заказника “Острів Зміїний” відповідно до затвердженого Положення.

Номер об'єкту	Об'єкт	Площа, кв. км.	Площа, га	Периметр, м
1	Частина острова	0,019	1,9	1048
2	Частина острова	0,032	3,2	1510
3	Частина острова	0,003	0,3	299
4	Частина острова	0,005	0,5	361
	Острівна частина в цілому	0,059	5,9	

НАУКОВА БІБЛІОТЕКА ОНУ ім. І.І. МЕЧНИКОВА

Розділ 2

ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА О. ЗМІЙНОГО

2.1. ІСТОРІЯ ГЕОЛОГІЧНОГО ВИВЧЕННЯ О. ЗМІЙНОГО

О. Зміїний, розташований у південній частині північно-західного шельфу Чорного моря, в тектонічному відношенні належить до зони зчленування великих елементів земної кори, включаючи палеозойські мегаструктури Північної Добруджі, Мізійську і Скіфську епігерцинські плити, Придобруджинський прогин і південний схил Східно-Європейської докембрійської платформи [13]. Розшифровка геологічної будови вищезгаданої зони має принципове значення для розуміння регіональної структури великої території північно-західного шельфу Чорного моря, де крім о. Зміїного, ніде немає виходів на денну поверхню древніх (палеозойських) утворень. Вивчення геології цього району має не тільки теоретичне, але і велике практичне значення у зв'язку зі зростаючими потребами економіки нашої країни у мінеральних ресурсах на суші і на морі. Регіональні геологічні дослідження району о. Зміїного вкрай необхідні і для прогнозування на великій площі (близько 45 тис. кв. км) північно-західного шельфу Чорного моря різних корисних копалин, включаючи нафту й газ, рудні і нерудні розсипи і т. п.

Унікальність цього острова підтверджена тим, що його включено до переліку геологічних пам'яток України [4].

Вивченням геології даного району займалися багато дослідників. Найбільш детальний огляд історії геологічного вивчення острова наводить І. Н. Сулімов [13]. Перші уривчасті відомості про гірські породи, що складають о. Зміїний, викладені в невеликій книзі Ф. С. Поручика — “Геологія Бессарабії”, виданій в Кишиневі [10].

Після закінчення війни 1941–1945 рр. придунайська зона шельфу Чорного моря, включаючи о. Зміїний, стає об'єктом постійного вивчення геологами і геофізиками, але у публікаціях цього часу геологічна інформація безпосередньо про о. Зміїний відсутня, і тільки І. С. Усенко відзначив, що о. Зміїний являє собою абразивний останець гір Північної Добруджі [16].

У 1961 р. А. В. Друмя і П. К. Іванчук провели геологічне обстеження о. Зміїного, котре знайшло відображення в надрукованій статті [5]. Ви-

світлюючи літолого-петрографічний склад порід, автори вказують на їхній значний метаморфізм. Вік розглянутих відкладень ними визначається як нижньотріасовий, за аналогією з палеонтологічно охарактеризованими конгломератами Північної Добруджі. Структура о. Зміїного, на їхню думку, є блоковою. Серед помилкових уявлень цих авторів варто відзначити віднесення товщі гірських порід острова до нижнього тріасу.

Трохи пізніше В. І. Славін [11], на основі аналізу геологічного розрізу о. Зміїного за матеріалами А. В. Друмя і П. К. Іванчука [5], зробив висновок про те, що основна частина відслоненого на острові розрізу за літологічними особливостями досить подібна до пермської товщі Мізійського серединного масиву Болгарії і суміжних районів Східних Карпат. Виходячи з цього, В. І. Славін відніс до пермі два нижніх шари розрізу, а верхній — до нижнього тріасу. Автор вважає [11], що осадова товща Зміїного простежується на північний захід, убік Північної Добруджі, де на ділянці узбережжя Дунаю в м. Тульча і с. Махмудія відслонюється аналогічна товща порід. Ця товща розкрита також свердловинами в с. Новоселівці в Наддністрянщині, де вона представлена білими і червоними конгломератами, галька яких складається із серицитизорованих сланців, пісковиків і рожевих гранітів. Серед конгломератів присутні прошарки гравелітів і червоно-бурих глинистих сланців.

У 1965 р. група геологів відділу палеонтології АН Молдавії і ВСЕГЕІ (Всесоюзний науково-дослідний геологічний інститут) в складі К. І. Негодаєва-Ніконова, В. М. Бобрінського, В. Х. Капцана, Б. М. Полухтовича, В. В. Сінегуба, А. Ф. Степанова і Є. Ф. Тріндофілової зробили чотириденну поїздку на о. Зміїний. Згідно дуже короткого опублікованого А. Ф. Степановим [12] повідомлення, ними були описані берегові схили, зібрана колекція гірських порід і вперше на південному березі острова в прошарку зеленкувато-сірих алевролітів виявлені відбитки і ядра викопної фауни молюсків і остракод.

У 1965 р. опубліковано статтю І. Г. Гаркаленко й А. Я. Краснощока [1], у якій на основі аналізу гравітаційного поля в північно-західній частині Чорного моря виділяється велике підняття — Зміїне (за назвою острова, розташованого приблизно в його центрі), що є, на їхню думку, східним продовженням структури Північної Добруджі.

У 1969 р. І. А. Гаркаленко, Б. С. Нікіфорук та ін. [2], ґрунтуючись на матеріалах палеомагнітних досліджень зразків алевролітів і пестроцвітних глин з розрізу о. Зміїного, роблять висновок про ордовікський вік

цих порід. Підняття району Зміїного, що раніше відносилося ними [2] до структури Добруджі, вони розглядають як древній виступ Східно-Європейської докембрійської платформи, перекритої плащем майже не змінених і не дислокованих відкладень нижнього палеозою.

Пізніше (1970), результатам палеомагнітних досліджень пісковиків о. Зміїного була присвячена стаття І. А. Гаркаленко, Л. Д. Гладченко, К. П. Анферова й А. Н. Третьяк [3]. Грунтуючись на палеомагнітних даних, у статті робиться спроба обґрунтувати ордовикський вік розглянутих грубоуламкових порід.

А. В. Чекунов [17] у статті про структуру Північного Причорномор'я наводить декілька палеогеографічних схем, на яких у Придунайській зоні, включаючи о. Зміїний, викреслюється величезний прямокутний виступ Східно-Європейської платформи з дорифейським віком фундаменту.

Науково-дослідні роботи на острові, починаючи з кінця 60-х рр., проводяться співробітниками геолого-географічного факультету Одеського університету. Г. Г. Ткаченко, Л. І. Пазюк і А. Й. Самсонов [15] у статті про результати свого відвідання о. Зміїного в 1967 р. виділили в розрізі грубоуламкової товщі, названої ними “флішоїдною”, чотири літологічних товщі (знизу нагору): 1) конгломерато-конглобрекчієву, потужністю понад 50 м; 2) конгломерато-піщаникову, потужністю близько 20 м; 3) пестроцвітну глинисту, до 20 м і 4) піщаниково-конглобрекчієву.

У статті дається літолого-стратиграфічний опис порід кожної пачки. На еродованій поверхні цієї товщі автори описали малопотужний (до 1 м) покрив кайнозойських відкладень, представлених в одному випадку червоно-бурими неогеновими глинами, а в інших пунктах — сучасним делювієм. У статті вказується, що на північно-східному мисі острова й в обриві його північного берега глинисті прошарки містять відбитки раковин і ядра остракод поганої збереженості, що відносяться до верхнього девону. Цим спростовуються дані П. К. Іванчука та А. В. Друмя [5] про сильний метаморфізм і інтенсивну зім'ятість порід о. Зміїного. Утворення грубоуламкової товщі, відповідно до їхніх уявлень, відбувалося в платформних умовах. У висновку статті автори роблять висновок про те, що блокова структура острова є саме південним сегментом Східно-Європейської докембрійської платформи і що осадова товща палеозою цього регіону є перспективною на нафту і газ. Авторами складена перша геологічна карта о. Зміїного (рис. 2.1).

У 1970 р. до вивчення острова підключається група співробітників геолого-географічного факультету Одеського університету у складі

професора І. Н. Сулімова (науковий керівник), доцентів О. М. Анастасєвої, М. І. Благодарова, Л. В. Іщенко та ін. Ці роботи включали як польові дослідження на острові та прилеглому шельфі з використанням експедиційного судна “Одеський університет”, так і камеральну обробку кам’яного матеріалу, включаючи залишки фауни.

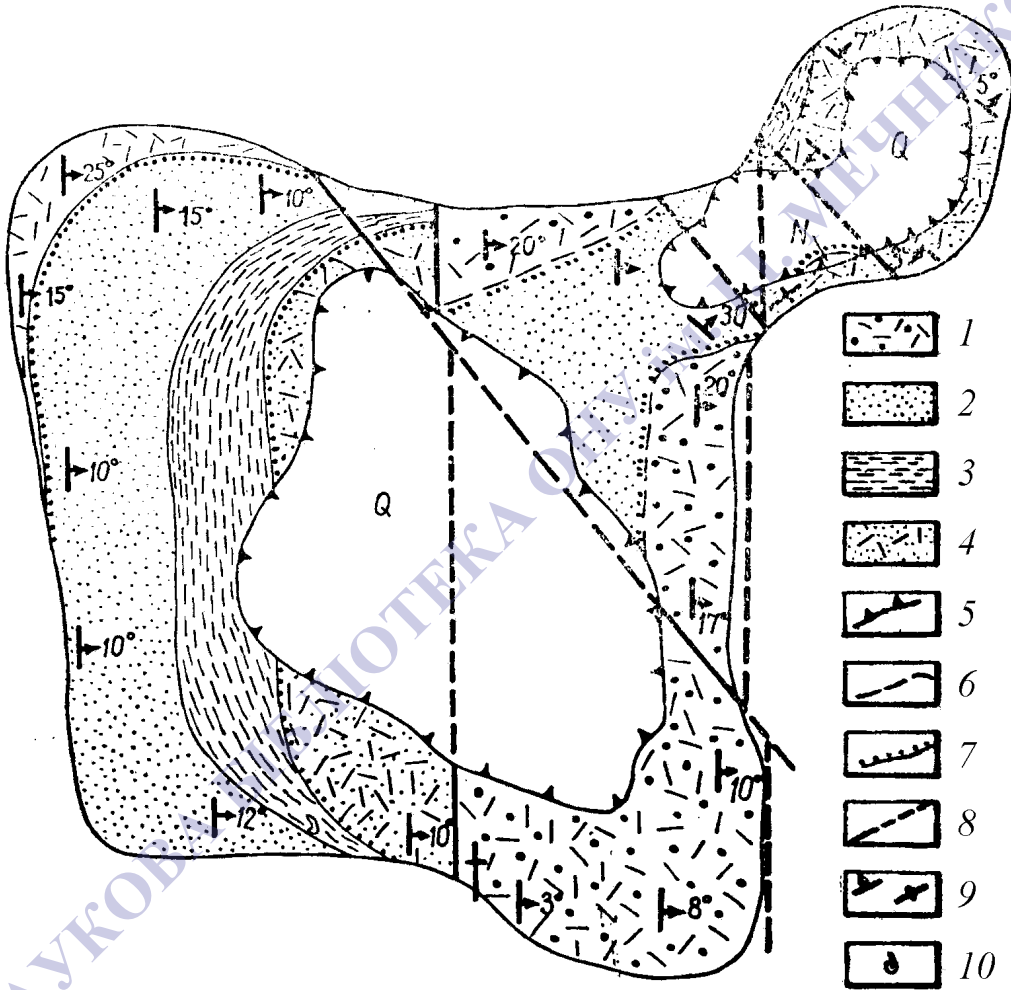


Рис. 2.1. Геологічна карта о. Зміїного [15]:

1 — конгломерато-конгломератобрекчєва товща; 2 — конгломерато-піщаникова товща; 3 — строкатокольорова глиниста товща; 4 — піщанико-конгломератова товща; 5 — межа поширення кайнозою; 6 — нормальна стратиграфічно узгоджена межа, достовірна і передбачувана; 7 — стратиграфічно узгоджена межа, достовірна і передбачувана; 8 — розривні порушення, достовірні і передбачувані, під наносами; 9 — похиле і горизонтальне залягання шарів; 10 — місця знахідок викопної фауни

Основні результати цих робіт наводяться у багатьох статтях та монографіях І. Н. Сулімова та ін. [8, 12].

Польові геологічні дослідження передбачали пошаровий опис літолого-стратиграфічного розрізу, вимір елементів залягання шарів, фіксування тектонічних порушень, пошуки скам'янілих палеонтологічних залишків, а також систематичний добір зразків гірських порід на різні лабораторні аналізи.

Прекрасна відслоненість о. Зміїного обумовила високу вірогідність і інформативність польової геологічної документації. Вивчення зібраних групою одеських вчених [8, 13] на о. Зміїному викопних залишків фауни, включаючи остракоди, форамініфери, губки та панцирні риби, проведено в Українському науково-дослідному геологорозвідувальному інституті (м. Львів) старшим науковим співробітником К. Я. Гуревич. Частину остракод було визначено А. Ф. Абушик (Всесоюзний науково-дослідний геологічний інститут, м. Ленінград).

Петрографічне вивчення гірських порід у прозорих шліфах проводив в основному Л. В. Іщенко. Окремі шліфи, в зв'язку з визначенням епігенетичних мінералів, описані старшими науковими співробітниками В. В. Коптевою (Геологічний інститут РАН, м. Москва) і В. А. Хоменко (Інститут геологічних наук НАН України, м. Київ).

За результатами цих робіт [6, 8, 13] доведено приналежність Зміїноостровського блоку до епігерцинської Скіфської плити (рис. 2.2). У геологічній будові о. Зміїного беруть участь силурійські карбонатні і нижньодевонські грубоуламкові породи, що представлені брекчіями та конгломерато-брекчіями переважно силіцитового складу з підлеглими прошарками пісковиків-кварцитів, кварцитових алевролітів та іноді опоковидних глин.

Товща порід о. Зміїного дислокована у вигляді хвилястої монокліналі з загальним нахилом шарів до сходу і північного сходу під кутом від $8-10^{\circ}$ до $36-40^{\circ}$, що у східній частині острова ускладнюється невеликою антиклінальною складкою і субмеридіональним скидом, згодним із простяганням складчастої структури, з амплітудою зсуву порід до 200 м. У скелястих обривах північного берега спостерігаються тектонічні тріщини завширшки до 10 см, по яких невеликі (до 10–15 м) блоки порід, звернені до моря, опущені на 0,5–1,0 м. Тріщини заповнені зеленкувато-бурим піщано-глинистим матеріалом.

Місцями в розглянутій товщі фіксується система тріщин кліважу, що січуть масивні шари конгломерато-брекчій на тонкі рівні плитки майже перпендикулярно шаруватості. Простягання тріщин кліважу пів-

нічно-західне з азимутом падіння південно-західним — 230–255 і 270° і кутами від 40–46° до 80–90°.

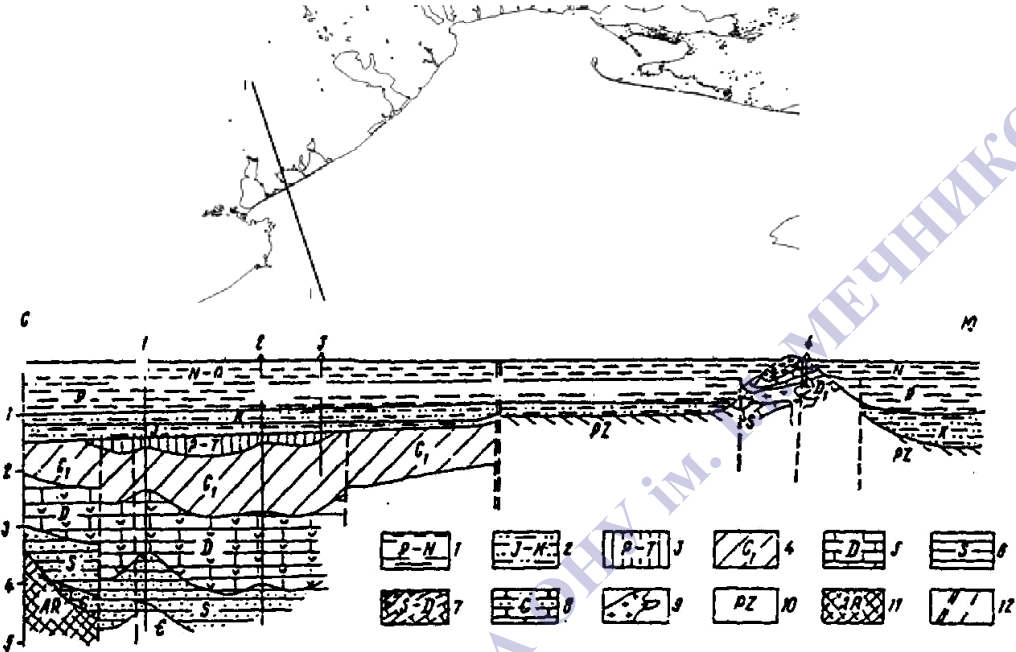


Рис. 2.2. Геологічний розріз по лінії смт Сарата — о. Зміїний [13]

Формації: 1 — верхня субінундаційна; 2 — інундаційна карбонатно-теригенна; 3 — регресивна строкатокольорова; 4 — вугленосна; 5 — ангідрито-глинисто-карбонатна; 6 — глинисто-теригенна; 7 — карбонатно-глиниста (геосинклінальна); 8 — нижня трансресивна теригенна; 9 — дайка лампрофіру; 10 — фундамент Скіфської плити; 11 — фундамент Східно-Європейської платформи; 12 — розлами; свердловини (див. лінію розрізу): 1 — Саратська-6; 2 — Тузлівська-2п; 3 — Тузлівська-1; 4 — Зміїноострівська-1м

У східній частині острова шари брекчій подріблені вертикальними розривами на декілька тектонічних лусок. Далі на схід зафіксований роздуб потужності прошарку світло-сірої глини від 0,5 до 2,0 м, унаслідок її видавлювання у зоні розламу.

У 1974 р. ПО «Кримгеологія» на острові пробурена колонкова свердловина глибиною 507 м, якою був підтверджений вік порід, що складають острів, таких, як верхній силур — нижній девон [13].

2.2. СТРАТИГРАФІЯ ТА ЛІТОЛОГІЯ ТОВЩІ ГІРСЬКИХ ПОРІД, ЩО СКЛАДАЮТЬ О. ЗМІЇНИЙ

За літературними даними [6, 8, 13, 15] у геологічній будові о. Зміїного беруть участь палеозойські відкладення, включаючи силур і девон, а також кайнозойські утворення.

Розріз силуру, складений органогенними вапняками з прошарками аргілітів, розкритий на східній окраїні острова свердловиною.

Девонські відкладення, представлені в нижній частині розрізу вапняками, розкритими свердловиною, а у верхній — конгломерато-брекчійми з прошарками пісковиків-кварцитів та алевролітів, що відслонюються в берегових обривах.

Кайнозойські утворення у вигляді невеликих лінз зустрічаються на ерозійній поверхні острова.

Нижче наводиться стратиграфічна та літологічна характеристика гірських порід, що складають острів, починаючи з найдавніших, з пошаровим описом розрізу з урахуванням даних буріння [6, 8, 13].

Силурійська система

Згідно опису керна свердловини, розріз силурійських відкладень наступний:

вапняки темно-сірі, щільні, брекчовані, пелітоморфні, з навскісною лінзоподібною, рідше горизонтальною шаруватістю; містять тонкі прошарки від 0,5 до 3,0 см розмірами чорного аргіліту і пронизані складною мережею тріщин, що заповнені прожилками білого кальциту. Залишки макрофауни в них не спостерігаються. Потужність — 6,0 м.

Вапняки темно-сірі до чорних, збагачені органічною речовиною, із прошарками чорного аргіліту і чисельними включеннями неправильної форми (до 10 см у поперек), лінзами білого кальциту. В аргілітах спостерігаються дзеркала ковзання. Потужність — 5,5 м.

Вапняки — як у попередньому шарі, але більш сильно брекчовані з численними, різного орієнтування, прожилками білого кальциту та прошарками чорного тонкошаруватого аргіліту. Потужність — 6,0 м.

Вапняки темно-сірі до чорних, щільні, пелітоморфні з прошарками чорного аргіліту, що містить тонкі лінзочки сірого вапняку. Потужність — 5,0 м.

Вище розріз складає пачка вапняків, як у підстильних шарах, з численними прошарками чорних аргілітів і тонкими прожилками кальци-

ту. Вапняки містять залишки остракод, коралів, брахіопод і граптолітів. Потужність пачки — 180 м.

Згідно визначень К. Я. Гуревич (Україна), які були опубліковані в роботі [8], у зразках керну вапняків з інтервалом 500–310 м остракоди представлені *Ocheescapha* sp. indet., *Bardiocypris* aff. *subsilinculus* Krand., а також уламками граптоліту *Monograptus* sp. indet. П. Д. Цегельник (ІГН НАН України) відніс його до *Monograptus* cf. *similis* Prib. Вік відкладень в інтервалі 310–500 м можна впевнено датувати верхньосилурійським.

Девонська система

В інтервалі 310–55 метрів свердловиною на о. Зміїному розкрита товща карбонатних порід, дуже близька за літологічним складом до порід силуру і пов'язана з ними поступовим переходом. Представлено цю товщу вапняками бурувато-темно-сірими, горизонтально-шаруватими, щільними, глинистими, що складають прошарок сірих мергелів. Породи пронизані мережею тонких тріщин, заповнених молочно-білим кальцитом. У шарах вапняків утримуються палеонтологічні залишки, включаючи ядра остракод, гастропод і брахіопод, уламки коралів, членики кріноїдей та спікули губок.

Серед остракод в інтервалі 53–298 м визначені *Parachealdia* aff. *quaesita* (Roth.), *Ponderodictia mirabilis* Ab., *Healdianella* sp., *Cytherillina* sp., *Eucraterellina* sp. Indet., *Disyggopheura* sp. indet., *Bardiocypris transversus* (Roth), *Opistoplax* sp. indet., що характерні для низів раннього девону [8].

Вище розріз нижнього девону перекривається товщею грубоуламкових порід, що відділені від нижчележачих вапняків пачкою алевритистих глин. За літологічними і частково палеонтологічними ознаками у цій товщі виділяються три різних за потужністю пачки.

Нижня пачка, по керну свердловини в інтервалі 0–53 м та у відслоненнях берегів острова, складена глинами зеленкувато-світлосірими, іноді блакитнуватими, опоковидними, алевритистими, тонко-плитчастими з прошарками алевроліту світло-сірого, місцями жовтувато-бурого від гідроокислів заліза, кварцового, тонко-горизонтальношаруватого. Потужність пачки складає близько 10 м. Пелітовий матеріал представлений, головним чином, гідрослюдами та монтморилонітом, а теригенна складова — дрібними зернами кварцу та мікрокварциту, рідше польового шпату. Із вторинних мінералів відзначається серицит.

У глинах знайдені численні залишки викопної фауни, включаючи остракоди, серед яких було визначено *Leperditia turaica*, *Scmidt Poloniella sp.*, *Cytherellina sp.*, *Pseudozygobolbina moldaviensis* Tr. Msc, P. aff., *ivanica* Ab., *P. sp. indet.*, *Eridococoncha ivanica* (Krand.), багато дрібних *Healdianella sp.*, *Arcuaria sp.*, які характерні для ніжньодевонського часу [8].

Середня або псефітова пачка потужністю близько 40 м складена переважно сіроцвітними конгломерато-брекчіями і брекчіями з одиничними лінзоподібними прошарками (до 2,0 м) зливальних пісковиків-кварцитів. Серед грубоуламкових порід переважають брекчії зеленкувато-світлосірі й сірі, дуже щільні і міцні, потужністю до 1,5–2,0 м з гострокутними уламками розміром від 1–2 до 10 см сіроцвітних силіцитів, зцементованих різнозернистим кварцитовидним пісковиком та халцедоном.

У конгломерато-брекчіях, поряд з гострокутними уламками, зустрічаються (особливо в покрівлі і підшві шарів) обкатані і напівобкатані гальки з білого і димчасто-сірого кварцу, кварцитів, рідше алевроліту. Крім того, наявні прошарки (до 0,5 м потужністю) звичайних конгломератів із плоскими та ізометричними, добре обкатаними гальками в основі силіцитів.

Пісковики-кварцити із прошарків цієї пачки звичайно зеленкувато-сірі, іноді коричнюваті, з регенованими кварцовими зернами.

Верхня (псаміто-псефітова) кипа представлена масивно-пластовими брекчіями, конгломерато-брекчіями, рідше конгломератами, з підстиляючими прошарками та лінзами кварцито-пісковиків і алевролітів потужністю від 0,1 до 2,0 м.

Результати визначення хімічного складу гірських порід острова наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Результати силікатного аналізу порід о. Зміїного [6]

Зразок	Порода	Вміст елементів, %										
		Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K	P	Cr
12–5	Кварцит	96,0	0,07	1,16	0,82	0,01	0,04	0	0	0,31	0,01	0,02
12–11	Пісковик кварцитовий	95,6	0,08	2,28	0,49	0,01	0,2	0,1	0	0,5	0,11	0,02
12–8	Пісковик	97,5	0,05	1,05	1,55	0,01	0,07	0	0	0,17	0,06	0,02
13–12	Кварцит	98,3	0,05	0,74	0,04	0,01	0,08	0,09	0	0,24	0,09	0,02
13–1	Конгло-брекчія	97,1	0,04	0,86	0,53	0,01	0,02	0,38	0	0,11	0,58	0,02

Детальний опис порід девонського часу наводиться по відслоненню, що розташоване по північному берегу острова:

брекчія світло-сіра, масивна силіцитового складу з кутуватими уламками кварцу, мікрокварциту, кременя, пісковика-кварциту, з двома лінзами (потужністю до 0,3 м) кварцового пісковика. Потужність — 7,0 м;

пісковик коричнювато-світлосірий, різнозернистий, кварцовий. Потужність — 1,5 м;

брекчія, як у шарі 1. Потужність — 3,0 м;

пісковик жовтувато-світлосірий, різнозернистий, кварцовий. Потужність — 0,9 м;

алевроліт бурувато-зеленкуватосірий, тонкоплитчастий, вивітрений, із двома прошарками по 5 см пісковика сірого, кварцового. Потужність — 0,5 м;

пісковик, як у шарі 4. Потужність — 0,8 м;

конгломерато-брекчія світло-сіра, уламки і цемент силіцитового складу; седиментаційного габітусу. Потужність — 4,5 м;

конгломерато-брекчія, як у шарі 1, є напівобкатані гальки до 10 см поперечнику. Потужність — 5,5 м;

глина алевролітста, щільна, бурувато-сіра. Потужність — 0,25 м;

брекчія, як у шарі 7, що місцями переходить по простяганню в грубозернистий погано відсортований пісковик. Потужність — 3,0 м;

глина алевролітста, як у шарі 9. Потужність — 0,10 м;

брекчія, аналогічна описаній в шарі 10. Потужність — 2,5 м;

конгломерато-брекчія, як у шарі 8. Потужність — 4,0 м;

алевроліт жовтувато-сірий, глинистий, тонкоплитчастий, вивітрений, із двома прошарками до 10 см пісковика кварцового. Потужність — 0,7 м;

конгломерато-брекчія, як у шарах 8, 13. Потужність — 4,0 м;

пісковик коричнювато-сірий, кварцовий, місцями з дрібною галькою кварцу. Потужність — 0,5 м;

конгломерато-брекчія бурувато-сіра, в окремих шарах коричнювата; цементом служить щільний різнозернистий кварцовий пісковик; є лінзоподібні прошарки (до 10 см) сипкого пісковика. Потужність — 4,5 м;

конгломерато-брекчія, як у попередньому шарі, але іноді з більш великими уламками і галькою. Потужність — 7,0 м;

конгломерато-брекчія, як у шарі 18, включає лінзоподібні прошарки потужністю до 20 см пісковика світло-сірого. Потужність — 7,5 м;

брекчія зеленкувато-сіра, масивна, розбита тріщинами кліважу на тонкі плити. Потужність — 5,0 м;

конгломерато-брекчія, як у шарах 8 та 13, із прошарками пісковиків (до 20 см) дрібнозернистого. Потужність — 4,5 м;

алевроліт жовтувато-сірий, тонкошаруватий, із дрібними зернами мусковіту на площинах нашарування. Потужність — 1,0 м;

брекчія, як у шарі 20, розбита тектонічними порушеннями на великі блоки. Потужність близько 14,0 м.

Грубоуламкові породи за кольором, літологічною складовою і формою уламків, за складом цементуючого матеріалу і структурно-текстурними особливостями майже не відрізняються від подібних утворень середньої пачки. Однак вони включають прошарки псамитів, що додає породам специфічну текстуру.

В уламках брекчій переважають кварцити, кварцитовидні пісковики, кварцові порфіри. Основна маса останніх перекристалізована і складається зі слабо індивідуальних дрібних зерен кварцу і польового шпату.

Кварцито-пісковики і кварцити з прошарків звичайно зеленкувато-світлосірі, рідше жовтувато-бурі; структура бластопсамітова, часто мозаїчна; складаються вони з кварцу (90–95 %), калієвих польових шпатів, рідко плагіоклазу, уламків кислих ефузивів, мікрокварцитів, розкладеного скла ефузивів основного складу, трахітів, а також алевролітів із глинисто-хлоритовим цементом. Акцесорні мінерали представлені цирконом, турмаліном, сфеном, анатазом. Цемент типу зіткнення, серицито-глинистого складу.

Алевроліти за мінералогічним складом дуже близькі до пісковиків, але більш глинисті і по простяганню часто переходять в алевритісті глини.

У табл. 2.2 наводиться характеристика вторинних перетворень гірських порід, що складають о. Зміїний [6].

Таблиця 2.2

Характеристика перетворення порід о. Зміїного

№ зразка	Геологічний вік	Назва породи	Тип цементу, його кількість	Вміст зерен з бластезом	Постседіментарні зміни, “індекс-мінерали”	Структури порід
15–5	D ₁	кварцит	немає	100	немає	гранобластова
4–5	D ₁	слюдистий кварцит	немає	70	серицитизація, хлоритизація, мусковіт	порфіробластова, гранобластова

Продовження табл. 2.2

№ зразка	Геологічний вік	Назва породи	Тип цементу, його кількість	Вміст зерен з бластезом	Постседіментарні зміни, “індекс-мінерали”	Структури порід
7–1	D ₁	філіліт	немає	70	серицитизація, окисли Fe, вуглиста речовина	бластоалевро-пелітова
2	D ₁	серицитовий сланець	немає	50	серицитизація, окисли Fe, мусковіт	бластоалевритова, мікролепідобластова
11–12	D ₁	кварцитопісковик	поровий, 20–25%	20–25	серицитизація, пелитизація, окисли Fe, катаклаз	псамитова, гранобластова
11–2	D ₁	яшма	немає	–	–	дрібнозерниста, органігенна
3–5	D ₁	пісковик кварцевий	поровий	немає	хлоритизація, мусковіт, катаклаз	алевритопсамитова
3–5	D ₁	пісковик кварцевий	поровий	немає	хлоритизація, мусковіт, катаклаз	алевритопсамитова

Неогенова система

У невеликих западинах ерозійного рельєфу о. Зміїного, зокрема у північно-західній його частині, залягають суглинки жовтувато-сірі, пилюваті, іноді перехідні в супесі, що включають дрібні гострокутні й кутувато-обкатані уламки до 2 см у поперечнику, блакитнувато- і зеленкувато-сірих кременів, халцедону, мікрокварциту, кварцу. Вміст таких уламків зростає у напрямку до подошви шару. Видима потужність — близько 2 м.

Четвертинна система

Корінні палеозойські породи о. Зміїного відслонюються на денній поверхні і тільки на окремих ділянках перекриті малопотужним чохлам четвертинних делювіальних утворень, включаючи суглинки бурувато-

і жовтувато-сірі, піщанисті, із дрібними уламками з порід, що підстилають, у верхній частині збагачені гумусом і кореневищами сучасних рослин (грунтовий шар). Потужність четвертинного делювію не перевищує 1,0 м.

Таким чином, викладені вище результати досліджень різних авторів дозволяють скласти досить докладні уявлення про геологічну будову о. Зміїний. Але ціла низка питань ще залишаються дискусійними. Серед них можна виділити найбільш актуальні. Це насамперед:

- умови утворення та подальшого перетворення карбонатно-силіцатової товщі гірських порід;
- роль процесів метаморфізму у формуванні гірських порід;
- тектонічна історія як самого острова, так і всього регіону,
- історія чорноморських трансгресій у зв'язку з формуванням о. Зміїний;
- аналіз тектонічної еволюції у мезозої-кайнозої з позиції тектоніки літосферних плит.

Також потрібно відзначити, що перспективне господарське та побутове улаштування острова потребує додаткових геолого-екологічних досліджень.

2.3. МЕТОДОЛОГІЯ СУЧАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

У рамках науково-дослідного проекту “Проведення комплексного обстеження та розробка системи інтегрованого екологічного моніторингу і довгострокових наукових досліджень о. Зміїний та прилеглої шельфу”, що почала виконуватися співробітниками ОНУ ім. І. І. Мечникова в 2003 р., проводились роботи з вивчення геологічної будови й історії геологічного розвитку острова, які фінансувались Міністерством освіти та науки України.

Навесні 2003 р. і влітку 2005 р. були проведені дві експедиції, в яких вивчалась геологічна будова о. Зміїного. У першій експедиції були виконані оглядові геологічні маршрути, виділені опорні ділянки для більш детального вивчення та проведено попереднє вивчення гірських порід, що складають острів. На 17 вибраних ділянках проводився польовий опис складу порід з визначенням їхньої структурно-текстурної характеристики, характеру контакту між окремими геологічними шарами, взаємовідношення між виділеними товщами і шарами. Відібрано і проаналізовано 28 зразків гірських порід, що складають острів. Окрім

цього, проводився вимір величини гама-випромінювання (радіометр СРМ-10) гірських порід острова, а також будинків і споруджень.

Влітку 2005 р. були проведені польові експедиційні роботи, під час яких виконувалися польові геологічні дослідження на опорних ділянках, до складу яких входили польовий опис гірських порід, їхньої структурно-текстурної характеристики, характеру контакту між окремими геологічними шарами, взаємовідношення між виділеними товщами і шарами. Польові геологічні дослідження ґрунтувались на методиці детальної геологічної зйомки, що супроводжувалась пошаровим описом геологічного розрізу, фіксуванням тектонічних порушень, а також систематичним відбором зразків гірських порід для подальшого визначення їх гранулометричного, мінерального та хімічного складу в лабораторних умовах. Детально випробувана ділянка на південно-західному узбережжі. Методика вивчення гранулометричного складу нецементованих порід приведена в розділі 1.2 монографії [9], присвяченому опису донних відкладів шельфу, що прилягає до о. Зміїного.

У період проведення експедиційних робіт ОНУ ім. І. І. Мечникова на острові ДГП “Дніпрогеофізика” проводив комплекс геофізичних і бурових робіт з пошуку підземних вод. Було пробурено 4 свердловини глибиною 38–56 м та проведено вивчення зміни магнітного і гравітаційного полів у межах острова. За даними, отриманими при бурінні свердловин на острові, нами було уточнені існуючі уявлення про геологічну будову острова (рис. 2.3), які можуть бути використані для побудови об’ємної геологічної моделі острова.

Результати цих досліджень також використовувались нами при узагальненні отриманого польового матеріалу.

2.4. ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ СУЧАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Проведені польові геологічні дослідження доповнили та деталізували існуючі уявлення про природу острова. Загальні відомості, щодо геологічної будови острова Зміїного можуть бути сформульовані у наступних положеннях:

1. У геологічній будові о. Зміїного беруть участь палеозойські відкладення, включаючи силур (440–410 млн років) і девон (410–380 млн років), а також кайнозойські утворення (67–1,5 млн років).

2. Розріз силуру складений органогенними вапняками з шарами аргілітів.

3. Девонські відкладення представлені в нижній частині розрізу вапняками, а у верхній — конгломерато-брекчіями з прошарками піщанико-кварцитів і рідше — алевролітів, що добре спостерігаються у берегових схилах.

4. Кайнозойські утворення у вигляді невеликих реліктових ділянок зустрічаються на ерозійній поверхні острова.

Польове вивчення гірських порід показало, що породи острова переважно представлені зміненими конгломерато-брекчіями, у підстиляючих шарах присутні конгломерати, піщаники і глини. В цілому цю товщу можна охарактеризувати як флішеподібну, в якій ритмічно чергуються шари сильно змінених конгломерато-брекчій, які мають велику потужність, із шарами конгломератів, рідше піщаників і глин [15]. Дана товща залягає моноклінально, з падінням на північ, північний схід з невеликими кутами падіння (від 8 до 25°). У північній частині острова залягання порід ускладнюється окремими флексурами, різкими змінами кута падіння порід, часто спостерігається незгідне залягання. У відслоненнях берега шари роздрібні вертикальними розривами на ряд тектонічних лінз. Тектонічні тріщини, заповнені мілонізованим матеріалом порід, в яких вони знаходяться (фото 2.1). Крім того, фіксуються системи тріщин кліважу, що січуть масивні шари конгломерато-брекчій на тонкі рівні плитки. Переважне простягання тріщин — північно-західне з нахилом до південного заходу (230°, 255°, 270°) під кутом 45–90°.

У розрізі з'являються досить могутні лінзоподібні тіла, складені глинами і піщаниками, які неузгоджено перекриваються флішеподібною товщею.

У ході будівництва причалу в північно-східній частині острова в береговому схилі були розкриті подібні строкатокольорові глини, частково озалізовані, без фауністичних залишків (фото 2.2) Визначається роздмухування потужності прошарка глини внаслідок її видавлювання і “плину” по зоні розламу.

Проведено вивчення гранулометричного та мінералогічного складу глин та алевритів, що складають прошарки та шари у товщі силіцитових гірських порід (табл. 2.3, рис. 2.4, 2.5).

Окрім глини зеленкувато-сірої (зразок 6–18), всі проаналізовані зразки за гранулометричним спектром є породами змішаного складу з поганим ступенем сортування. Так, глина червона (зразок 1–1) містить як домішки зерна усіх гранулометричних розмірностей, окрім псефіту. А пісковик світло-сірий та алеврит зеленкувато-сірий (зразки 1–3, 14-А) по переважаючому вмісту розмірних фракцій є двокомпонент-

Таблиця 2.3

Результати гранулометричного аналізу незцементованих порід острова

№ від-сло-нен-ня	№ зраз-ка	Літологічний опис	Вміст фракції %										Гранулометричні коефіцієнти					Вміст гранулометричних компонентів, %							
			>10 мм	10-5 мм	5-2 мм	2-1 мм	1-0,5 мм	0,5-0,25 мм	0,25-0,1 мм	0,1-0,05 мм	0,05-0,01 мм	0,01-0,005 мм	Q1	Md	Q3	So	Sk	Псе-фіт	Псам-міт	Алев-рит	Пе-літ				
1	1	Глина червона з домішкою піску та дрібного алевриту, погано сортована	0,00	0,27	1,65	3,50	3,78	8,59	8,79	4,35	13,40	52,55	3,13	0,01	0,01	0,09	4,29	10,89	0,00	0,10	1,47	62,31			
1	2	Мікрит псамітовопелітовий з домішками псефіту и дрібного алевриту, погано сортований. (піщано-де-тритовий цемент конгломерату)	0,00	2,21	12,53	9,94	6,75	11,31	11,27	4,23	10,93	28,11	2,73	0,01	0,01	0,73	11,03	36,20	24,68	29,33	15,16	30,83			
1	3	Пісковик світло-сірий середньо-дрібнозернистий глинистий з домішкою алевриту, погано сортований	0,00	1,73	3,31	1,65	2,66	14,69	30,97	6,22	7,30	30,21	1,25	0,01	0,09	0,17	5,11	0,14	6,69	48,33	13,52	31,46			
6	16	Глина зеленкувато-сіра з домішкою дрібного алевриту, середньосортована	0,00	0,06	0,05	0,07	0,10	0,18	0,85	1,47	26,53	62,31	8,39	0,00	0,01	0,01	1,67	1,33	0,17	1,13	28,00	70,70			
14	Шар А	Алеврит глинистий, зеленкувато-сірий, з домішкою дрібнозернистого піску, погано сортований	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,67	23,65	25,46	15,17	30,84	4,19	0,01	0,03	0,07	3,46	0,55	0,01	24,33	40,64	35,02			

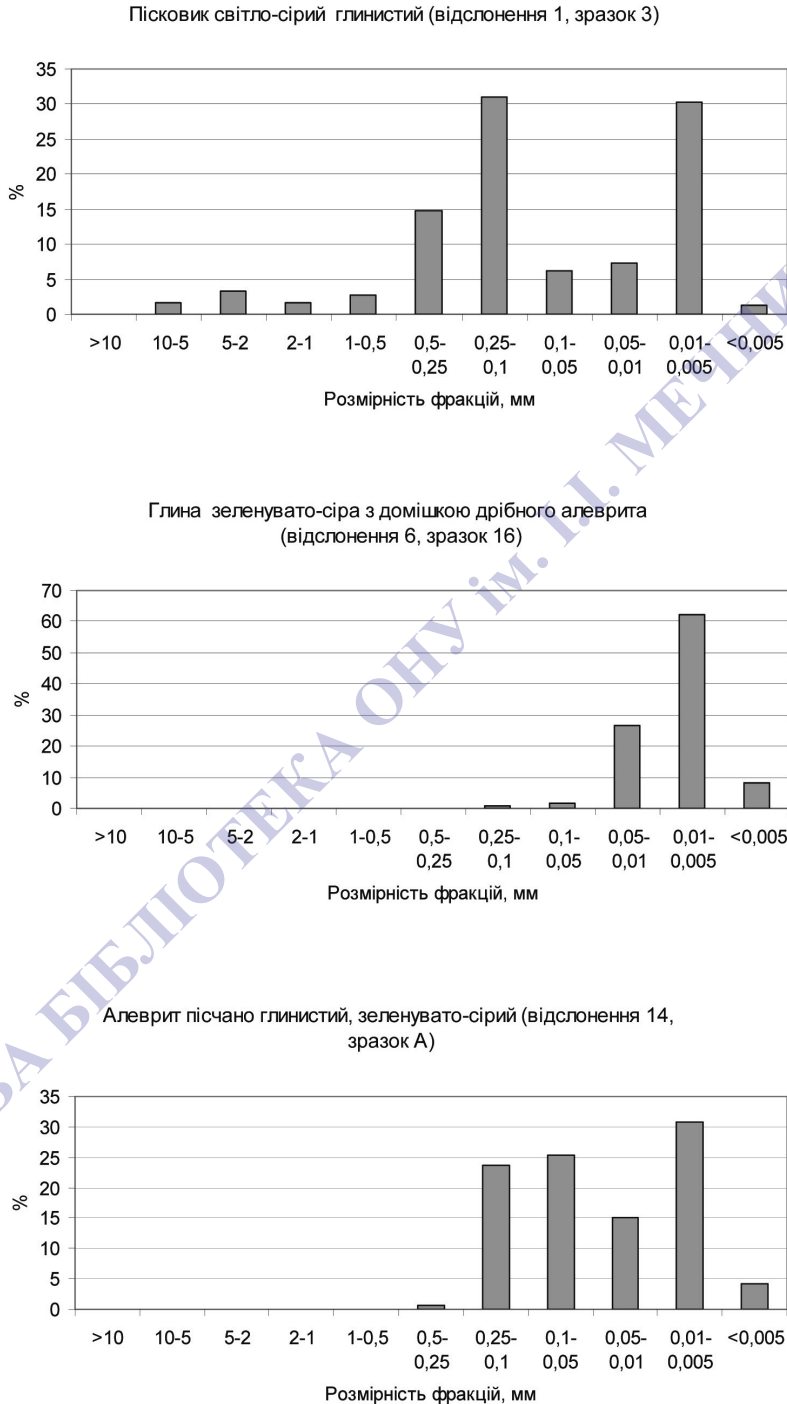


Рис. 2.4. Гістограми відносного масового вмісту гранулометричних фракцій (%) у пухких гірських породах о. Зміїного

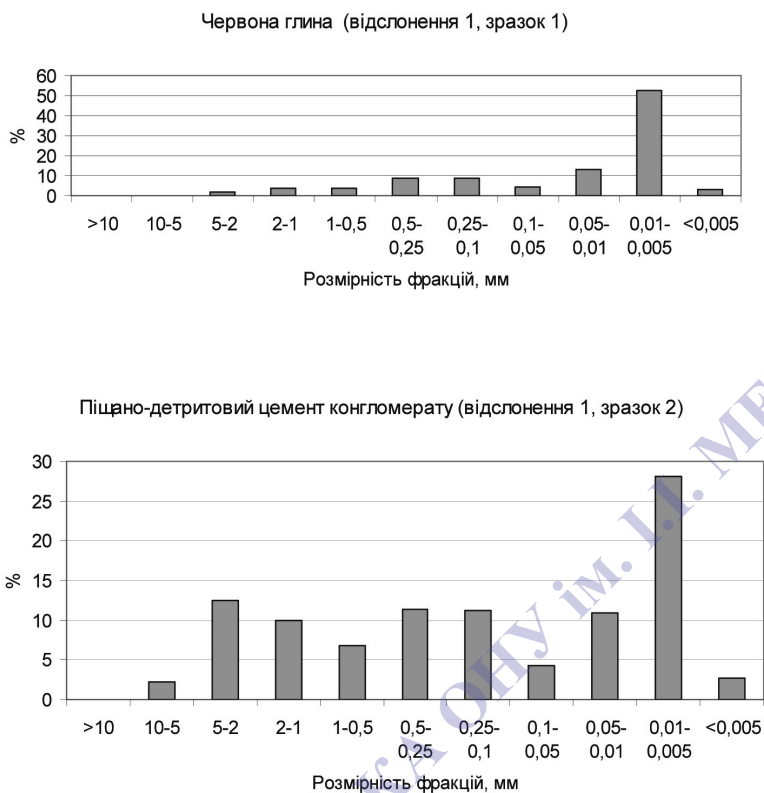


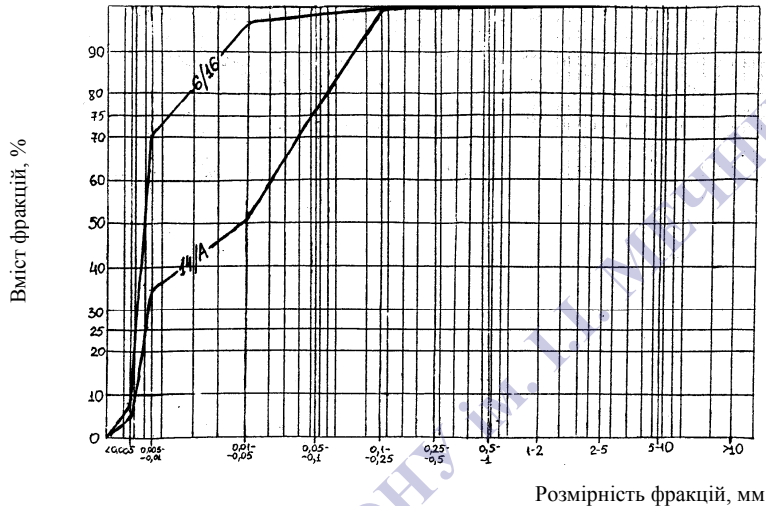
Рис. 2.4. (Продовження)

ними. Окрему гранулометричну характеристику має зразок піщано-детритового цементу конгломератового шару. У цементі переважає глинистий компонент, але інші розмірні фракції, включаючи псефіт, також присутні в значних кількостях.

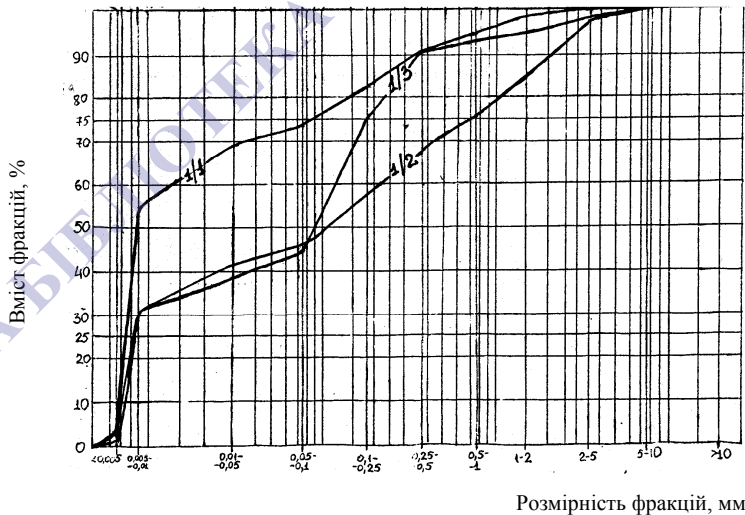
Мінералогічне вивчення глини зеленкувато-сірої з домішкою алевриту виявило, що алевритова фракція складається із зерен кварцу, польових шпатів, халцедону та біотиту; а глиняста — представлена монтмориллонітом (двозаломлення $N_g - N_r = 0,018 - 0,025$, характерне саме для цього мінералу) з невеликою кількістю гідробіотиту та залістистих мінералів. Проте встановлено також наявність одиничних ізотропних включень, складених опалом або вулканічним склом.

Однак диференціальний термічний аналіз глин дав протилежний результат (дані ДГП “Дніпрогеофізика”). Так, зелені та строкаті глини з відслонення № 100, № 109 (109/12, 109/13, 109/14) виявилися термоінертними (рис. 2.6). На кривих нагрівання відсутні піки, що вказують на фазові зміни у речовині при нагріванні. Крім того, порода погано

розмокає, не пластична, утворює склоподібну речовину у тиглі при нагріванні до 1000°C , що дало підставу припустити, що це не глинясті, а кременисті породи, складені тонкодисперсним (аморфним?) кремнеземом з гідрокислами заліза та незначною домішкою гідрослюди.



а



б

Рис. 2.5. Кумулятивні криві гранулометричного складу пухких гірських порід о. Зміїний: а — проби 6–16, 14 а; б — проби 1/1, 1/2, 1/3

Проте за даними хімічного аналізу породи відслонення № 109 відповідають глинам і добре співставляються за вмістом окислів з глинястими сланцями палеозою, які можна вважати еталонними (табл. 2.4).

Досить несподіваними для осадових порід виявилися результати спектрального аналізу на широке коло елементів (табл. 2.5). Так, зовсім не характерний для осадових порід, і для глин зокрема, високий вміст елементів халькофільної групи: Zn — 0,05 %, Cu — 0,01 %, Pb — 0,02 %, Ag — 0,0001 %. Вражають високі значення вмісту титану та фосфору.

Високий вміст елементів халькофільної групи, наявність вулканічного скла та термоінертність породи можуть свідчити про вулканогенно-осадове її походження.

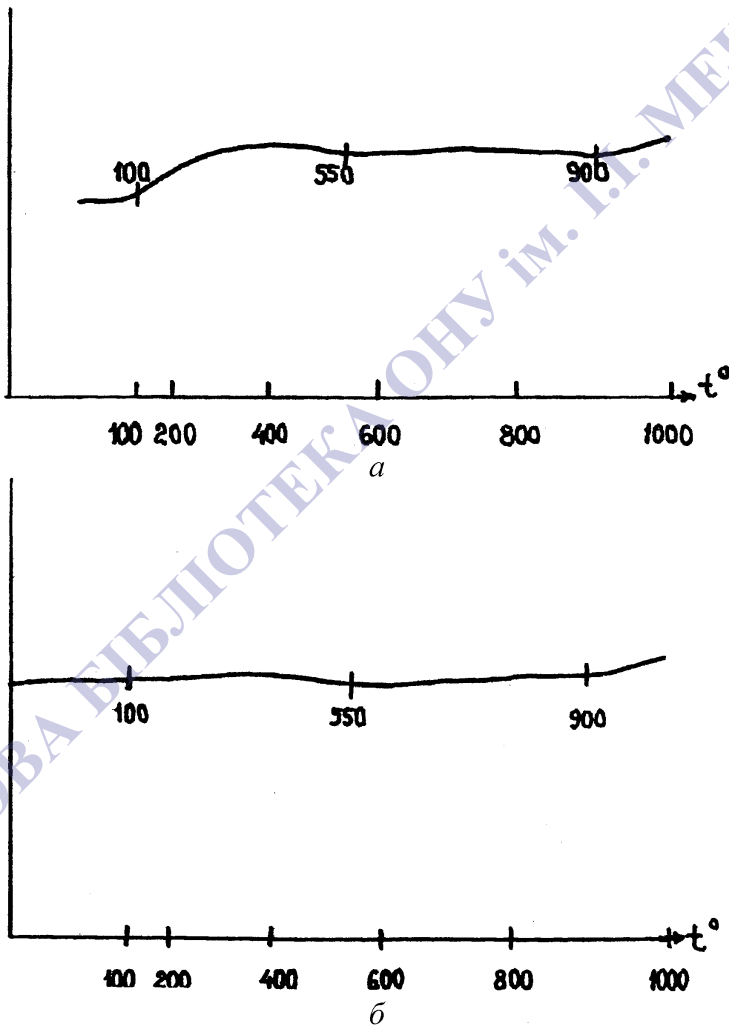


Рис. 2.6. Термограми зразків глин (*a* — глина строката; *б* — глина сіра) з о. Зміїного, які отримані з використанням приладу ТУ-1М (термоінертна речовина — Al_2O_3 , швидкість нагрівання — 65°C за хвилину)

Таблиця 2.4

Результати силікатного аналізу зразка глини о. Зміїного

Окисел	Вміст, %	
	Зразок № 109	Глинястий сланець (еталон)
SiO ₂	61,0	60,23
Al ₂ O ₃	16,5	20,63
Fe ₂ O ₃	4,6	0,87
FeO	1,17	5,43
TiO ₂	0,7	0,93
P ₂ O ₅	0,47	-
MnO	0,06	0,052
CaO	0,5	-
MgO	1,9	1,94
SO ₃	-	-
K ₂ O	4,5	3,87
Na ₂ O	0,48	1,32
п. п. п	7,7	-
Разом	99,58	95,272

Аналогічні результати спектральних аналізів, проведених в УкрНДГРІ (Український науково-дослідний геолого-розвідувальний інститут) і ІГН (Інститут геологічних наук) НАН України, наводить у своїй роботі О. К. Кацук [6]. За цими даними породи, що складають острів, характеризуються порівняно високим вмістом Mn, Ni, Ti, V, Cr, Zr, Cu і інших елементів, при цьому найбільші величини приходяться на аргіліти нижньої (алевропелітової) пачки.

Також на острові проводилося вимірювання гама-випромінювання гірських порід, що складають острів. Основні результати по вивченню природної радіоактивності зводяться до наступного. Величина гама-випромінювання для порід острова змінюється від 4 до 17 мкр/годину, в середньому складаючи 5–6 мкр/годину, що відповідає величині випромінювання для найбільш розповсюджених порід на острові — конгломерато-брекчій. У глинистих різновидах гірських порід величина гама-випромінювання збільшується до 10–17 мкр/годину, що взагалі є звичайним та очікуваним.

Вимір гама-активності будинків і споруджень на острові показав значення 5–7 мкр/год.

Таблиця 2.5

Результати спектрального аналізу гірських порід о. Зміїного

№ пр.	Вміст елементів $10 \times 10^{-3} \%$															
	100/1	101/1	101/3	101/4	101/5	101/7	101/8	101/7	109/7	109/8	109/9	109/10	109/12	109/13	109/14	109/15
Ba	50	50	50	50	50	50	50	70	70	70	70	70	70	50	50	50
Be	0,1	0,1	0,15	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0,15	0,15	0,15	0,1	0,15	0,15
P	500	150	150	200	300	300	300	500	300	300	1%	1%	200	500	150	1%
Cr	20	10	7	15	15	15	15	20	15	10	10	15	20	10	20	15
Pb	5	3	0,7	1,5	2	1	1,5	20	10	2	2	7	5	7	5	5
Sn	0,5	0,2	0,1	0,5	0,5	0,5	0,3	0,7	0,7	0,3	0,3	0,7	1	0,3	0,7	0,7
Ca	2	0,3	0,15	2	2	2	2	2	2	1,5	3	3	3	1,5	3	3
Ni	3	3	10	10	10	5	7	3	3	5	3	3	3	10	3	10
Y	1,5	-	2	1,5	1,5	1,5	2	2	2	1	1,5	1,5	1,5	1,5	2	1,5
Yb	-	-	0,2	-	-	-	0,2	0,2	0,2	-	-	-	-	-	0,2	-
Zn	30	30	20	70	30	30	30	30	20	20	20	30	30	30	50	30
Co	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	1,5
Ti	700	100	70	700	700	700	700	700	500	300	700	700	1%	700	1%	700
Cu	3	3	2	3	3	2	3	5	3	7	5	3	3	10	3	7
Mo	0,3	10	1	0,5	0,7	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,7	0,5	0,7
Li	1	-	1	1	1	1	1	2	3	1,5	2	2	2	1,5	2	2
La	2	2	-	3	3	2	-	3	3	2	3	3	3	-	2	2
Sr	7	7	10	7	7	7	10	15	10	15	7	7	7	10	7	10
Mn	20	30	30	15	20	20	30	20	20	50	20	20	20	50	15	20
W	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Bi	0,2	0,1	-	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1
Nb	2	2	2	5	3	2	5	3	3	2	5	5	5	2	5	5
Ce	-	-	-	3	3	-	-	3	3	-	3	3	3	-	-	-
Ag	5	5	3	20	2	2	3	70	50	70	100	100	100	70	30	70

Встановлені по всьому розрізу девонських відкладень о. Зміїного палеофауністичні залишки, включаючи ядра остракод, пеліципод і форамініфер, спікули губок, відбитки щитів панцирних риб і т. п. [13], за нашою думкою, вказують на нормально-морські або прибережно-морські умови седиментації. Нагромадження розглянутих грубоуламкових відкладень могло відбуватися в прибережній частині моря з глибинами до 100 м і недалеко від високих скелястих берегів. Ці відкладення можна відносити до морських брекчій прибою або виносів потоку, на що вказують одноманітний (в основному силіцитовий) склад уламків, їхні погані окатаність і сортування, груба горизонтальна шаруватість, наявність піщаних і глинистих прошарків, відносно велика потужність псефітів.

Перелічені ознаки характерні для морської грубоуламкової формації, що утворюється в процесі розмиву прибережних гірських масивів, які здіймалися у девонський час.

Таким чином, наведені дані виявили деякі суттєві проблемні питання, вирішення яких вимагає додаткових досліджень. Перш за все, це стосується проблеми генезису та історії існування своєрідної конгломератової товщі нижнього девону, в якій змінені крупноуламкові (до валунних) міцні конгломерати з лінзами зливних пісковиків і кварцитів чергуються з підлеглими (перші десятки сантиметрів), а подекуди і досить потужними (до кількох метрів) проверстками слабо зцементованих (до пухких) алевролітів і пісковиків та алевритистих зеленкуватих і строкатих, сильно озалізених глин.

Звичайно, проведених одиничних аналізів для вирішення виниклих протиріч недостатньо, і робити будь-які висновки без значного збільшення кількості аналізів, без додаткових досліджень, рентгендіфракційного та електроннографічного вивчення дисперсних мінералів, які складають гірські породи острова, — завчасно.

З огляду на складні взаємини порід, виявлені в північній частині острова, і практичну відсутність фауністичних залишків, необхідно передбачити визначення абсолютного віку гірських порід радіоізотопними методами.

У наступних експедиціях необхідно провести детальний опис і випробування товщі гірських порід з виділенням ритмів і циклів процесів утворення гірських порід.

Окрім цього, на сьогоднішній день залишається дискусійним питання про роль метаморфізму в історії формування порід острова. Ряд авторів [3, 6], ґрунтуючись на петрографічному складі порід, вказують

на значні метаморфічні перетворення в них. На нашу думку, флішеподібна теригенна товща сформувалася за рахунок розмиву більш древніх осадових і метаморфічних порід (теригенна складова), їхнього перевідкладення і цементації кременистою органогенною речовиною за рахунок розкладання спікул. Власне метаморфічні породи зустрічаються у вигляді уламків кварцитів в піщаниках і гальки молочно-сірого кварцу. В породах острова можливі також прояви динамометаморфізму за рахунок інтенсивного прояву тектонічних рухів.

Групою вчених Одеського національного університету під керівництвом професора Ю. Д. Шуйського проводилося вивчення берегових процесів на о. Зміїному [18, 19, 20]. На основі маршрутних обстежень, нівелювання профілів берегових схилів, опису пляжів та кліфів була описана сучасна морфологія та динаміка острівних берегів. Типові профілі підводного схилу та активних кліфів наведені на рис. 2.7 та 2.8.

У профілі підводного схилу чітко визначаються призрізові абразійні тераси завширшки до 100 м. Кліфи острова мають опуклу форму, із складним контуром, який визначається характером шаруватості та кутами падіння порід у відслоненнях. За морфологією, характером руйнування берегових схилів, особливостями прояву денудації та абразії кліфи о. Зміїного відносять до абразійно-денудаційного типу. За результатами цих досліджень [18, 19] робляться обґрунтовані висновки про домінування у процесах берегоформування абразії, яка визначається впливом геологічної будови, характером вивітрювання порід, хвильоенергетичним потенціалом навколишньої акваторії та наявністю наносів певного складу. Абразійний скид осадового матеріалу оцінюється авторами як невеликий і становить $0,7-3,85 \text{ м}^3/\text{р}$.

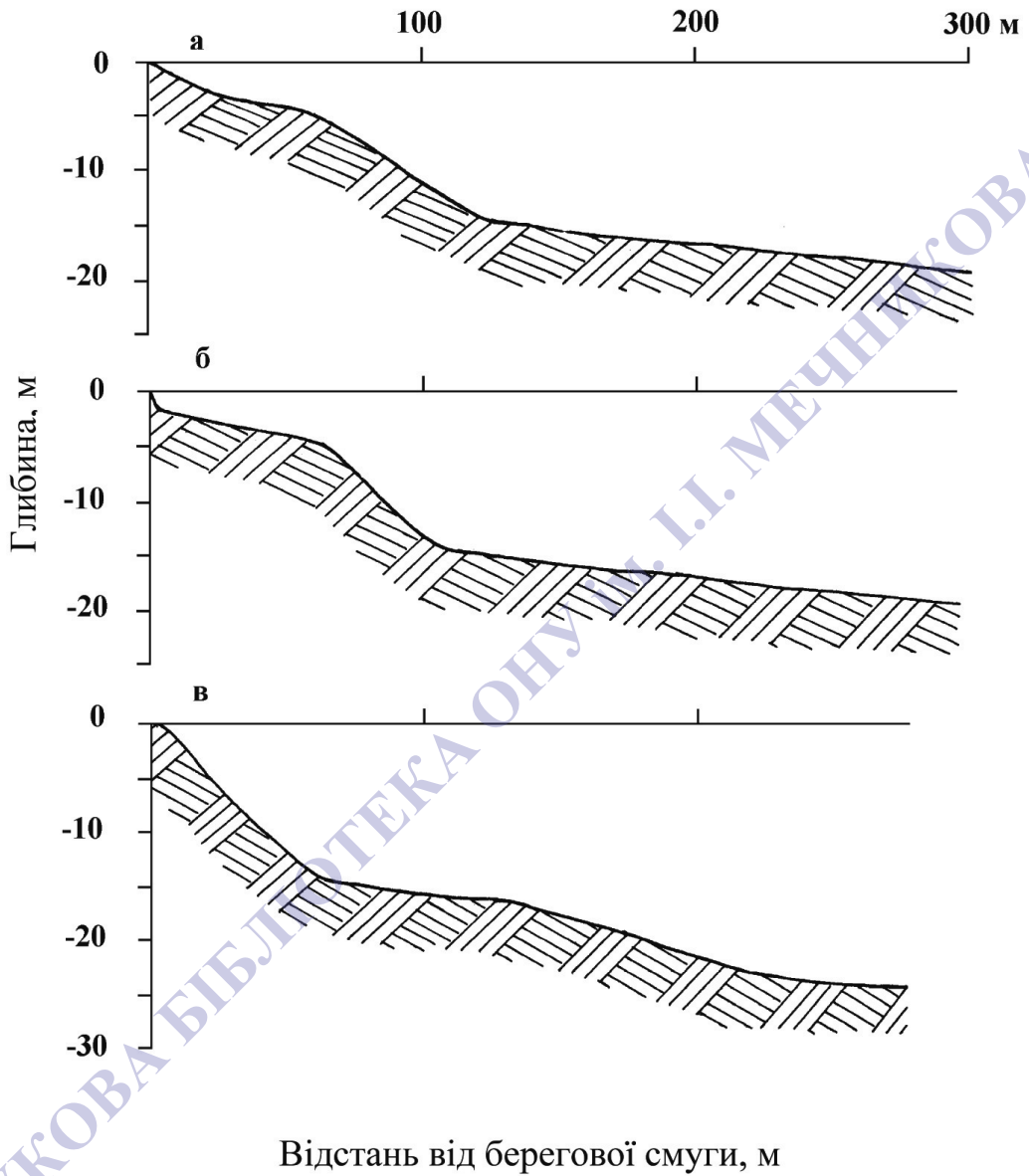


Рис. 2.7. Типові профілі підводного схилу на ділянках берегів о. Зміїного:
а — північного, б — південного, в — північно-західного [19]

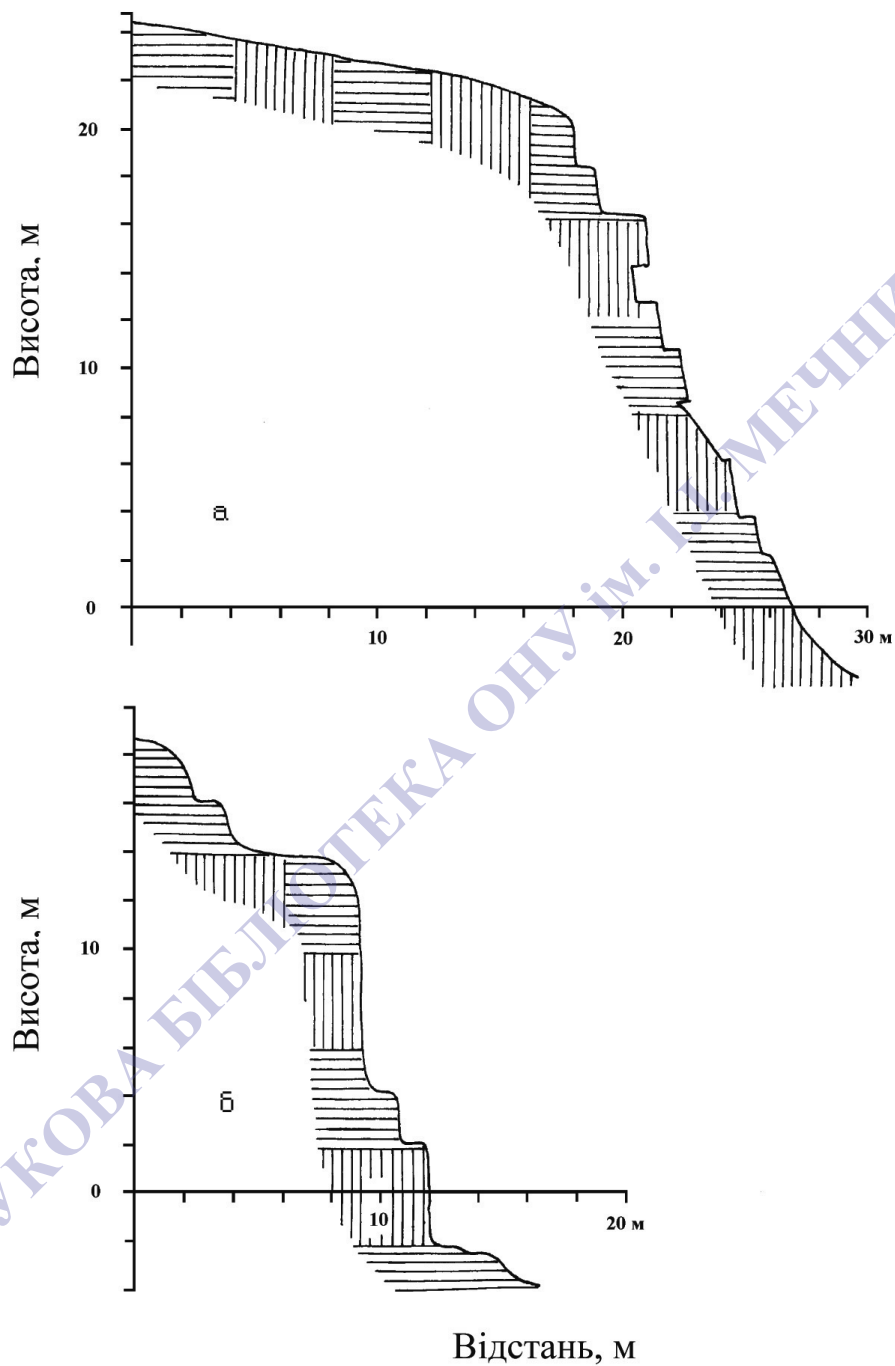


Рис. 2.8. Характер профілів активних кліфів абразійно-денудаційного типу на північно-західній (а) та південній (б) частинах о. Зміїного [18]

Розділ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ О. ЗМІІНОГО

Ґрунт — це розпушений орґано-мінеральний шар на поверхні Землі з властивою йому профільною будовою як результат ґрунтотворного процесу. Основною властивістю ґрунту є його родючість, тобто здатність задовольняти потреби рослин у поживних речовинах, воді, повітрі, біотичному та фізико-хімічному середовищі, включаючи тепловий режим, і формувати біологічну продуктивність рослин та урожай вирощуваних культур.

З часів фундатора ґрунтознавчої науки В. В. Докучаєва загальновідомо, що ґрунт є самостійним і особливим природно-історичним утворенням, який формується на земній поверхні під дією живих організмів на вихідну гірську (материнську) породу, а точніше є результатом сукупної взаємодії клімату, організмів, геологічних порід та рельєфу території, помноженої на час (тривалість) ґрунтоутворення. До цих п'ятьох природно-географічних чинників ґрунтоутворення долучена господарська діяльність людини, яка впливає на ґрунт, ґрунтовий покрив, процес ґрунтоутворення як безпосередньо, так і опосередковано через інші чинники ґрунтоутворення [7, 16].

Принагідно зазначимо, що ґрунт, ґрунтовий покрив (син. педосфера) є важливим компонентом біосфери, сферою поширення та згущення життя на Землі. Це особливий біосферно значимий компонент екосистеми, який виконує в ній низку важливих екологічних функцій та визначає особливості її формування і функціонування, рівень продуктивності, можливість та ефективність господарського освоєння. Аналогічна, а можливо, й вагоміша біосферно-екологічна і продукційно-формуюча роль ґрунту у функціонуванні екосистеми о. Зміїного, який зараз перебуває у статусі загальнодержавного зоологічного заказника. Однак стверджувати це можна лише апріорі, оскільки в літературі відсутня будь-яка інформація стосовно ґрунтів і ґрунтового покриття острова. Як нам відомо, їхні дослідження і картографування раніше не проводилися. Вперше такі дослідження були започатковані у 2003 р. в рамках виконання Одеським національним університетом науково-дослідного проекту “Проведення комплексного обстеження та розробка

системи інтегрованого екологічного моніторингу і довгострокових наукових досліджень о. Зміїний та прилеглого шельфу”, який фінансувався Міністерством освіти і науки України. Частиною цього проекту було комплексне природно-екологічне обстеження ґрунтового покриву. Дослідження ґрунтів острова продовжувались і в наступних 2004–2007 рр. Метою цих робіт і досліджень було вивчення умов, чинників і сутності процесів ґрунтоутворення, дослідження і картографування ґрунтів і ґрунтового покриву, організація на острові мережі стаціонарних ділянок і станцій довготривалого ґрунтово-екологічного моніторингу та виконання ґрунтово-моніторингових досліджень. Результати проведених нами досліджень ґрунтів острова були опубліковані в ряді наукових видань останніх років [2–5, 9].

3.1. МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ І РОБІТ

Методологія започаткованих нами у 2003–2007 рр. досліджень ґрунтів і ґрунтового покриву острова базується на основоположній у ґрунтознавчо-географічній науці докучаєвській концепції ґрунтоутворення, згідно з якою ґрунт — це особливе природно-історичне утворення на поверхні Землі, продукт сукупної взаємодії умов і факторів природно-господарського середовища території. Відповідно до програми досліджень основними завданнями організації і проведення експедиційно-польових і лабораторно-аналітичних робіт з вивчення ґрунтів о. Зміїного були:

— вивчення умов, чинників і сутності острівного ґрунтоутворення та діагностика ґрунтів, тобто визначення їхньої генетичної і літологічної сутності. Під генетичною сутністю ґрунту Г. С. Гринь [8] розуміє все те, що зумовлене чи створене у ґрунтоутворювальній товщі (ґрунтовому профілі) процесами ґрунтоутворення, всією історією генези ґрунту як природно-історичного утворення; під сутністю літологічною — все те, що успадковано ґрунтом від вихідної ґрунтоутворюючої мінеральної породи, яка домінує як складова в його масі. Запланована закладка серії ґрунтових розрізів на різних елементах мезо- і мікрорельєфу поверхні острова, літологічно різних елювіально-осадових порід, в межах найбільших за площею локальних ґрунтових утворень для вивчення морфологічних особливостей профілів даних ґрунтів. Основними при проведенні польових ґрунтово-генетичних досліджень були порівняльно-географічний і профільно-морфологічний методи

як найбільш ефективні на вихідному етапі вивчення генетичної і літологічної сутності ґрунту та його діагностики;

– за результатами польових і лабораторно-аналітичних робіт і досліджень охарактеризувати речовинно-хімічний склад, основні фізичні, фізико-хімічні й агрохімічні властивості ґрунтів та їх особливості, сутність та специфіку острівного ґрунтоутворення;

– з метою вивчення структури ґрунтового покриву острова передбачалось закласти і вивчити ґрунтово-геоморфологічний трансект на одній із ділянок острова;

– провести попереднє картографування ґрунтів у межах найбільших за площею ґрунтових утворень у східній і західній частині острова;

– визначити і реперувати мережу ділянок (станцій) довготривалого ґрунтово-екологічного моніторингу з метою систематичного дослідження динаміки сучасних процесів ґрунтоутворення та стану ґрунтів і ґрунтового покриву як важливої складової екосистеми острова. Кількість таких ділянок, на нашу думку, повинна складати 5–7 і повністю охоплювати різні умови генези та формування сучасного стану ґрунтів острова.

Польові і лабораторно-аналітичні дослідження та картографування ґрунтів о. Зміїного проводились згідно із загальноприйнятими вітчизняними методиками та інструкціями [1, 8, 11–14] з врахуванням місцевої специфіки. Так, ґрунтові розрізи закладались в межах найбільших за площею локальних ґрунтових утворень в периферійній частині острова, яка відведена під регульоване заповідання. В господарській частині острова, яка була значно порушена в минулі роки господарською і військовою діяльністю, ґрунтові дослідження практично не проводилися, за винятком закладки одного розрізу ОЗ-8. Координати ґрунтових розрізів визначались за допомогою портативного приладу супутникової навігації “Garmin GPS 12”.

Всього за період 2003–2007 рр. було проведено 6 турів експедиційно-польових робіт з дослідження і картографування ґрунтів і ґрунтового покриву острова та їх сучасного генетико-екологічного стану. Було закладено 20 ґрунтових розрізів, з яких впродовж 5 років досліджень відібрано 70 зразків для лабораторних аналізів. Проведено попереднє картографування ґрунтів східної і західної заповідної частини острова та ареалів забруднення території нафтопродуктами.

При індексуванні генетичних горизонтів ґрунтів використовувалась національна система індексів ґрунтових горизонтів. В досліджуваних нами ґрунтових розрізах були виділені наступні генетичні горизонти (зверху донизу по профілю):

- Нодq — дернина трав, щебенювата;
- Нq — гумусовий (гумусово-акумулятивний), щебенюватий;
- Нрq — гумусовий перехідний, щебенюватий;
- Рhq — перехідний до ґрунтоутворювальної породи, щебенюватий.

3.2. УМОВИ ТА ПРОЦЕСИ ҐРУНТОУТВОРЕННЯ НА ОСТРОВІ

За географічним положенням ($\sim 45^{\circ}15'$ пн. ш.) територія о. Зміїного знаходиться на широті Причорноморського середньостепового краю, що в безпосередній близькості західніше острова, і Кримського південностепового краю, що суттєво східніше острова [10]. Однак, на відміну від названих типових степових країв (провінцій) материкової частини півдня України, рівнинна поверхня якої складена лесовими і лесоподібними карбонатними відкладеннями, територія острова суттєво різниться за всіма компонентами природно-географічного комплексу, які й є основними чинниками ґрунтоутворення.

Ґрунтоутворюючі породи на території острова представлені пересічно конгломерато-брекчіями, в підпорядкованій кількості присутні конгломерати, пісковики і глини. В цілому, товщу можна характеризувати як флішеподібну грубоуламкову, в якій ритмічно чергуються конгломерато-брекчії з шарами конгломератів, рідше пісковиків і глин. Метаморфічні породи зустрічаються у вигляді кварцитів в пісковиках і гальки молочно-сірого кварцу [17]. На різних ділянках денної поверхні острова виходи щільних палеозойських порід займають від 5–10 до 30–50 % і більше території.

На ділянках між виходами на поверхню щільних порід акумулюються продукти їхнього вивітрювання — некарбонатний щебенювато-кам'янистий елювій, дрібнозем якого піщано-легкосуглинкового та піщано-супіщаного гранулометричного складу. Потужність елювіальної товщі від 1–5 до 20–25 см на схилах ухилом 2–5 (8°) до 30–40 (рідко 50–60 і більше) см на виположено-шлейфових ділянках схилів. В останньому випадку товща відкладів — делювіально-елювіальної генези. Вміст щебенювато-кам'янистого скелету в елювіальній (делювіально-елювіальній) товщі, як правило, зростає з глибиною до 50–70 (інколи 80) % маси зразка. На вододільній частині поверхні острова часто відмічається акумуляція скелету щільних порід з поверхні, очевидно, як наслідок розвитку процесів ерозії та дефляції.

Як показано в розділі 4 цієї монографії, клімат острова характеризується як помірно континентальний з тривалим жарким літом і короткою м'якою зимою, недостатнім атмосферним зволоженням, сильними, а часто й штормовими вітрами на протязі більшої частини року. В результаті на поверхню острова аеральним (імпульверизаційним) шляхом постійно привносяться солі з акваторії моря, в основному хлоридно- і сульфатно-натрієвого хімізму, що є важливим фактором формування галогеохімічного і ґрунтоутворювального процесів, видового складу рослинного покриву тощо.

За нашими спостереженнями, ділянки території острова між виходами на поверхню щільних порід вкриті більш чи менш густою степовою різнотравно-злаковою рослинністю. Густота і проективне покриття наземної рослинності надзвичайно різняться по території в залежності від потужності ґрунтово-елювіального субстрату, ступеня його щебенюватості-кам'янистості, положення за рельєфом та локальних особливостей зволоження тощо. Сильно зріджена вона на спадистих схилах, де поверхня вкрита щебенюгато-кам'янистим скелетом. Відсутня рослинність на ділянках виходу на денну поверхню щільних порід та супутньої акумуляції їхнього грубого рухляку, на ділянках, забруднених нафтопродуктами. Найбільш густий травостій на виположено-шлейфових ділянках схилів, локальних мікро- і навіть нанопониженнях, в основному на відносно нижчих геоморфологічних позиціях. У травостої домінують із злакових анізанта покрівельна, бромус м'який, ячмінь мишачий, свинорий пальчастий, тонконіг лучний; із представників інших асоціацій — ромашка лікарська, кульбаба лікарська, триреберник непахучий, лобода біла, берізка польова, конюшина польова, горошок мишачий, грабельки звичайні, подорожник ланцетолистий, щавель горобиний, стелюшок середній та стелюшок солончаковий. Локально зустрічаються в травостої осока, пирій лучний, очерет звичайний, мальва лісова. Наявність у травостої стелюшків, які є природними фітоіндикаторами засоленості ґрунту, засвідчує факт аерального (імпульверизаційного) привносу солей на територію острова з акваторії моря.

Основна частина фітомаси на території острова зосереджена в поверхневому горизонті ґрунтової дернини Нод, що на 50–60 % складена із живих коренів рослин, та в гумусовому горизонті Н. Загальна потужність кореневмісного горизонту складає лише 10–25 (рідко 25–35) см, в той час як у чорноземах південних і звичайних материкової частини України сягає 50–60 см.

В таких своєрідних природно- та господарсько-екологічних умовах території острова на ділянках малопотужного кам'янисто-щебенюватого некарбонатного елювію чи елюво-делювію між виходами на поверхню щільних порід під покривом загалом бідної степової різно-травно-злакової рослинності протікає процес острівного ґрунтоутворення. За своєю сутністю, на нашу думку, це процес специфічного острівного чорноземоутворення як один із численних проявів дернового процесу ґрунтоутворення [15, с. 135], приблизний аналог якого знаходимо в літературі для умов Донецького кряжу [18]. В нашому випадку процес чорноземоутворення протікає в умовах практично постійного аерально-імпульсверизаційного привнесу на територію острова солей з акваторії моря, в основному хлоридів натрію. Особливістю морфології досліджуваних ґрунтів є їхня некарбонатність, сильна щебенюватість, безструктурність чи слабка оструктуреність. У зв'язку з виходами на денну поверхню щільних порід ґрунтовий покрив острова локально-фрагментарний з різною просторовою потужністю ґрунтових профілів у залежності від глибини залягання підстеляючих порід. В ґрунтовому профілі під горизонтом дернини із значною масою сухих нерозкладених і слабозрозкладених трав'янистих решток виділяється темно-сірий (до чорного при зволоженні) малопотужний (до 10–20 см) щебенюватий гумусово-перегнійний горизонт Н_q, рівномірно і добре гумусований, який ясно виражено переходить в гумусово-перехідний кам'янисто-щебенюватий горизонт Н_{rq} сіро-бурого чи сіро-каштанового кольору. Гумусовий горизонт, як правило, безструктурний, рідше німічної грудкувато-зернисто-порошистої структури, органо-мінеральна маса тут практично повністю мікроагрегована. Згідно із [13] чорноземи острова за потужністю гумусового горизонту (Н_q + Н_{rq}) діагностовані як неповнорозвинені (потужністю до 25 см) і коротко-профільні (потужністю 25–45 см) піщано-легкосуглинкові та піщано-супіскові щебенюваті.

3.3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ҐРУНТІВ І ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ ОСТРОВА

Схема місцезнаходження закладених нами ґрунтових розрізів №№ 1–12 на території о. Зміїного у 2003–2004 рр. представлена на рис. 3.1. Створена нами попередня карта-схема ґрунтового покриву острова наведена на рис. 3.2.

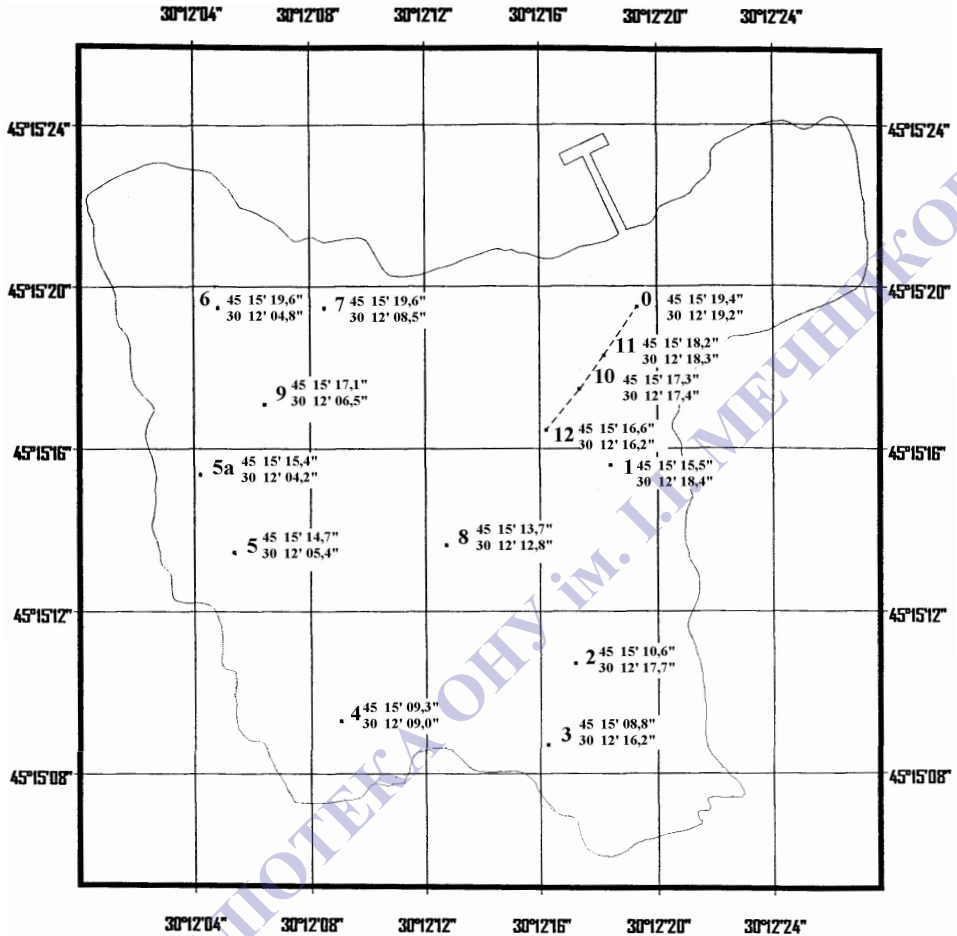


Рис. 3.1. Схема місцезнаходження ґрунтових розрізів на території

Будову профілів досліджуваних чорноземів та їх морфогенетичні особливості охарактеризуємо на прикладі розрізів ОЗ-8 і ОЗ-11, закладених і описаних 22–23 серпня 2003 р.

Розріз ОЗ-8. Закладений на вершині увалисто-рівнинного підняття в центральній частині острова. Слабо виражений ухил поверхні (біля 1°) південно-східної експозиції. Виходи щільних порід займають близько 10–20 % поверхні.

В травостой ділянок між виходами щільних порід домінують злаки і лободові, які формують на поверхні неміцну, потужністю 3–7 см дернину. Ґрунтоутворююча порода — щебенювато-кам'янистий елювій щільних конгломерато-брекчієвих порід. Загальна потужність ґрунтово-підґрунтової елювіальної товщі 44 см. Від НСІ не скипає по всьому профілю.

Нодq — 0–6 см. Дернина, рихла, складена масою сухих нерозкладених і слабкорозкладених трав'янистих решток та переплетінням живих коренів із включенням щебенювато-кам'янистого скелету.

Нq — 6–17 см. Гумусово-перегнійний, щебнистий, сухий, темно-сірий, при зволоженні до смолянисто-чорного, рівномірно і добре гумусований, дрібнозем слабкооструктурено-порошистий при чітко вираженій мікроагрегованості. Густо корені трав. Перехід ясний.

Нрq — 17–30 см. Гумусово-перехідний, зростає ступінь щебенювато-сті-кам'янистості, сухий, сіро-бурого (каштанового) кольору, безструктурно-порошистий. Зменшується маса рослинних коренів порівняно з верхнім горизонтом. Перехід поступовий.

Phq — 30–44 см. Нижня слабогумусована частина ґрунтово-елювіальної товщі, що підстеляється щільною породою. Характеризується найвищим вмістом щебенювато-кам'янистого скелету. Бурий, сухий, рідко корені трав.

Визначення ґрунту: чорнозем короткопрофільний піщано-легкосуглинковий сильнощебенюватий (кам'янистий).

Розріз ОЗ-11. Закладений у середній третині схилу північно-східної експозиції ухилом 3–4° в північно-східній частині острова. Виходи на поверхню щільних порід займають біля 10–20 % поверхні. Поверхня ділянки між виходами щільних порід в місці ґрунтового розрізу вкрита щебенем, рослинний покрив тут фрагментарний. Ґрунтоутворююча порода — щебенювато-кам'янистий елювій щільних порід, причому вміст скелету тут вищий, ніж у розрізі ОЗ-8. Загальна потужність ґрунтово-підґрунтово-елювіальної товщі всього 26 см. Від НСІ не скипає по всьому профілю.

Нодq — 0–1 см. Дернина із сухих органічних решток, фрагментарна, сильнощебенювата.

Нq — 1–15 см. Гумусово-перегнійний, сильнощебенюватий, сухий, темно-сірий, безструктурний. Поодинокі корені трав. Перехід поступовий.

Нрq — 15–23 см. Гумусово-перехідний, сильнощебенювато-кам'янистий, сухий, сіро-бурий (каштановий). Рідко корені трав. Перехід поступовий.

Phq — 23–26 см. Слабогумусований сильнощебенювато-кам'янистий елювій щільних порід. Сухий, бурий.

Визначення ґрунту: чорнозем неповнорозвинений піщано-супісковий сильнощебенюватий (кам'янистий).

Фотографії 3 профілів чорноземів неповнорозвинених на різних ділянках острова та на різних породах представлені на рис. 3.3–3.5.

Результати проведених морфолого-генетичних досліджень чорноземів острова засвідчили, що літологічний профіль (літологічна сутність) ґрунту тут повністю успадкований від вихідної товщі кам'янисто-щепенюватого елювію щільних порід. Більш глибокі (короткопрофільні) чорноземи формуються на рівнинних та виположено-шлейфових ділянках острова, де потужність елювіальної (делювіально-елювіальної) товщі перевищує 30–40 см, а поверхня ґрунту знаходиться під покривом відносно густішої степової рослинності. На схилових ділянках, де менша загальна потужність ґрунтово-елювіальної товщі, формуються пересічно чорноземи неповнорозвинені з потужністю гумусового горизонту $H_q + H_{p,q}$ до 25 см та всієї ґрунтово-елювіальної товщі до 30 см.

Особливістю морфології досліджуваних чорноземів є їхня безструктурність чи слабка оструктуреність. В той же час органо-мінеральна маса дрібнозему частково мікроагрегована, що підтверджується даними мікроагрегатного аналізу ґрунтів. Так, частка якісно цінних за розмірами мікроагрегатів розміром більше 0,01 мм складає пересічно 85–90 %, а нецінних за розмірами мікроагрегатів розміром менше 0,01 мм — 10–15 %. В той же час частка гранулометричних фракцій відповідних розмірів дрібнозему становить 73–82 і 27–18 %.

Із наведених даних можна зробити висновок, що в ґрунтах о. Зміїного однією із специфічних особливостей є те, що високодисперсні частинки ґрунту тут присутні в значній мірі у вільному (нескоагульованому) стані і утворюють лише незначну частину мікроагрегатів на відміну від зональних чорноземів степової зони, що формуються на лесових породах. Гумусові частинки в ґрунтах острова практично не зв'язані або слабо зв'язані з мінеральною основою, в сухому стані легко розтираються до однорідного “тонкосажового” стану, видуваються вітром, при зволоженні набувають однорідно-мазкої консистенції чорного (смолянистого) забарвлення. Про низьку стійкість мікроструктури і низьку ступінь їх агрегатності свідчать розрахунки деяких загальновідомих у фізиці ґрунтів показників. Так, фактор дисперсності ґрунтів острова сягає від 20 до майже 50 %, в той час як в зональних чорноземах він не перевищує 10 %. Ступінь агрегатності, що залежить від водостійкості мікроструктури ґрунту, становить лише 6–9 %, в той час як у зональних чорноземах цей показник сягає 70 % і більше.

Найбільш характерною особливістю досліджуваних ґрунтів є їхня щепенюватість, що збільшується з глибиною (табл. 3.1). Вміст скелетної частини (частинок розміром більше 1 мм) у верхньому гумусово-перегнійному горизонті пересічно складає 30–50 % від маси ґрунту, в окре-

мих випадках на крутих схилах, де з поверхні відмічається акумуляція скелетного матеріалу (елювіальні розсипи) сягає навіть 70 % (розріз ОЗ-11). В нижній частині ґрунтово-елювіальної товщі вміст скелету зростає до 40–70 % від маси ґрунту. Для порівняння, приблизний літологічний аналог чорноземів у районі Донецького кряжу містить у верхньому горизонті від 3 до 10 %, а на глибині 50 см — 20–25 % щебеню [18].

Таблиця 3.1

Вміст скелетної частини і дрібнозему в ґрунтах о. Зміїного

№ розрізу, ґрунт	Генетичний горизонт	Глибина, см	Вміст, %			
			Кам'яниста частина, > 3 мм	Гравій, 3-1 мм	Скелетна частина, > 1 мм	Дрібнозем, < 1 мм
ОЗ-2, Чн*	Нq	4–10	36,4	6,4	42,8	57,2
	Нрq	10–20	53,3	7,4	60,7	39,3
ОЗ-3, Чк	Нq	15–25	18,7	11,9	30,6	69,4
	Нрq	30–39	38,1	8,8	46,9	53,1
	Phq	50–60	32,4	8,8	41,2	58,8
ОЗ-5а, Чк	Нq	5–15	49,8	5,6	55,4	44,6
	Нрq	25–35	55,3	4,0	59,3	40,7
ОЗ-8, Чк	Нq	6–17	47,3	3,5	50,8	49,2
	Нрq	19–29	57,9	6,0	63,9	36,1
	Phq	30–40	62,7	8,6	71,3	28,7
ОЗ-9, Чн	Нq	4–14	59,4	5,1	64,5	35,5
	Phq	20–30	46,0	19,3	65,3	34,7
	Рq	50–60	52,7	6,5	59,2	40,8
ОЗ-11, Чн	Нq	3–13	60,3	10,1	70,4	29,6
	Нрq	15–23	56,2	15,0	71,2	28,8

* Індекси ґрунтів: Чн — чорнозем неповнорозвинений; Чк — чорнозем короткопрофільний.

У складі скелету різко домінує кам'яниста частина (>3 мм), на долю якої припадає від 30 до 60 % загальної маси ґрунту і відповідно близько 70–90 % від маси скелету. Згідно класифікації Н. А. Качинського, такі ґрунти відносяться до сильнокам'янистих, що містять більше 10 % фракції каміння. У складі дрібнозему (частинок розміром менше 1 мм) домінують грубі фракції — піску та пилу (частинки розміром 1–0,05 та 0,05–0,01 мм відповідно). На долю піщаної фракції припадає в середньому 40–60 %, а грубопилуватої — 14–41 % маси дрібнозему. Дрібніші фракції фізичної глини розміром менше 0,01 мм складають у верхньому горизонті лише 13–29 % маси (табл. 3.2). Відносно важчий грануло-

Таблиця 3.2

Гранулометричний склад ґрунтів о. Зміїного

Роз- різ, ґрунт	Гене- тичний горизонт	Глибина, см	Вміст фракцій дрібнозему в %, розмір в мм						Сума часток <0,01	Назва гранулометричного складу ґрунту
			1-0,25	0,25- 0,05	0,05- 0,01	0,01- 0,005	0,005- 0,001	<0,001		
ОЗ-2 ЧН*	Нq	4-10	14,0	29,1	35,9	11,3	6,8	2,9	21,0	піщано-легкосуглинковий
	НРq	10-20	14,2	26,5	31,7	6,8	16,8	4,0	27,6	піщано-легкосуглинковий
ОЗ-3 Чк	Нq	15-25	26,15	32,45	14,34	9,45	8,48	9,13	27,06	піщано-легкосуглинковий
	НРq	30-39	24,23	18,24	27,95	9,10	8,13	12,35	29,58	піщано-легкосуглинковий
ОЗ-4 Чн	Нq	4-15	29,6	21,9	28,2	6,1	10,0	4,2	20,3	піщано-легкосуглинковий
	НРq	15-22	16,8	19,9	36,6	6,5	9,3	10,9	26,7	піщано-легкосуглинковий
ОЗ-8 Чк	Нq	6-17	13,3	31,8	41,1	5,5	4,4	4,0	13,8	піщано-супісковий
	НРq	19-29	14,3	24,6	35,2	14,2	2,3	9,4	25,9	піщано-легкосуглинковий
	Рнq	30-40	24,1	23,8	23,1	9,6	11,9	7,5	29,0	піщано-легкосуглинковий
ОЗ-11 Чн	Нq	3-13	35,6	28,7	22,4	1,8	4,2	7,3	13,3	піщано-супісковий
	НРq	15-23	33,1	28,2	25,1	8,3	2,8	2,5	13,6	піщано-супісковий

* Індекси ґрунтів: Чн — чорнозем неповнорозвинений; Чк — чорнозем короткопрофільний

метричний склад ґрунтів характерний для слабковиражених ухилів поверхні і виположено-шлейфових ділянок, і навпаки, на крутіших схилах — ґрунти легшого гранулометричного складу, ймовірно, внаслідок розвитку процесів ерозії.

У більшості досліджуваних чорноземів з глибиною по профілю дещо зростає вміст фракцій фізичної глини — до 26–29 % у гумусово-перехідному горизонті на глибині 10–20 (30) см.

Таким чином, за гранулометричним складом ґрунти о. Зміїного класифікуються як піщано-супіскові і піщано-легкосуглинкові сильнокам'янисті (щебенюваті).

Важливою еколого-генетичною особливістю ґрунтів острова є характер та ступінь їх засоленості. Це пояснюється тим, що джерелами легкорозчинних солей тут, з одного боку, ймовірно є продукти вивітрювання щільних порід, що складають поверхню острова, а з іншого — імпульверизаційно-аеральне їхнє надходження з навколишньої акваторії Чорного моря. Цим і зумовлена певна специфіка засоленості ґрунтово-елювіальної товщі острова, результати дослідження якої представлені в табл. 3.3. Ці дані показують доволі строкату картину щодо кислотно-основних умов ґрунтоутворення, профільного розподілу солей та характеру їх накопичення в різних частинах території острова.

Перш за все, результати визначення рН водної витяжки свідчать про те, що ґрунтоутворення на острові протікає переважно в умовах слабкокислого та кислого середовища, що зумовлено впливом продуктів вивітрювання кислих щільних порід. Значення рН водного у більшості випадків коливається в межах 5,2–6,4. Лише в декількох випадках показник рН зростає до 6,5–6,8, що відповідає близькому до нейтрального середовищу.

Загальна сума солей у верхньому гумусовому горизонті чорноземів острова складає у більшості випадків 0,05–0,07 %, збільшуючись з глибиною по профілю до 0,07–0,15 %. Лише по профілю чорнозему неповнорозвиненого розрізу ОЗ-2 сума солей досягає 0,17–0,22 % від ваги ґрунту.

Як показали результати визначення іонного складу водної витяжки із чорноземів острова, у всіх досліджуваних розрізах домінують іони хлору, сульфатів, натрію та магнію, тобто ті основні інгредієнти соляного складу, які характерні для води оточуючої акваторії моря. За площею різко домінуючим є хлоридний тип засолення ґрунтів. При цьому типі засолення практично всі досліджувані ґрунти характеризуються

Таблиця 3.3

Іонний склад водної витяжки з ґрунтів о. Зміїного

Роз- різ, ґрунт	Генетич- ний горизонт	Глиби- на, см	Сума солей, %	рН	мекв / 100 г ґрунту							K ⁺	Хімізм і ступінь засолення
					HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺			
ОЗ-2 ЧН*	Нq	4–10	0,174	5,70	0,06	2,90	0,11	0,54	0,72	1,75	0,06	х, слабкий **	
	НPq	10–20	0,225	5,25	0,04	3,65	0,27	0,54	0,96	2,40	0,06	х, середній	
ОЗ-3 Чк	Нq	15–25	0,067	6,30	0,12	0,70	0,25	0,12	0,16	0,74	0,05	х, незасолений	
	НPq	30–39	0,070	5,70	0,08	0,56	0,46	0,12	0,16	0,80	0,02	сх, незасолений	
ОЗ-5а ЧН	Phq	50–60	0,072	6,10	0,10	0,34	0,64	0,16	0,14	0,74	0,04	хс, незасолений	
	Нq	5–15	0,048	6,55	0,14	0,44	0,16	0,08	0,16	0,40	0,10	х, незасолений	
ОЗ-8 Чк	НPq	25–35	0,124	5,80	0,09	1,40	0,52	0,30	0,34	1,24	0,13	х, слабкий	
	Нq	6–17	0,047	5,90	0,09	0,53	0,17	0,04	0,32	0,40	0,03	х, незасолений	
ОЗ-9 ЧН	НPq	19–29	0,148	5,65	0,08	2,09	0,391	0,32	0,72	1,50	0,02	х, слабкий	
	Pq	30–40	0,181	5,45	0,12	1,80	1,08	0,66	0,82	1,50	0,02	сх, слабкий	
ОЗ-10 Чк	Нq	4–14	0,063	6,85	0,26	0,30	0,37	0,14	0,28	0,48	0,03	хс, незасолений	
	НPq	20–30	0,128	5,50	0,12	1,14	0,81	0,32	0,50	1,24	0,01	сх, слабкий	
ОЗ-11 ЧН	Pq	50–60	0,135	5,20	0,15	1,58	0,50	0,16	0,46	1,60	0,01	х, слабкий	
	Нq	10–20	0,073	6,05	0,12	0,80	0,22	0,06	0,28	0,58	0,22	х, незасолений	
ОЗ-11 ЧН	НPq	23–29	0,146	5,85	0,07	1,65	0,62	0,34	0,38	1,30	0,32	х, слабкий	
	Нq	3–13	0,028	6,70	0,13	0,20	0,06	0,02	0,02	0,24	0,11	х, незасолений	
ОЗ-11 ЧН	НPq	15–23	0,029	6,40	0,10	0,24	0,11	0,06	0,14	0,20	0,05	сх, незасолений	

*Індекси ґрунтів: ЧН — чорнозем неповнорозвинений; Чк — чорнозем короткопрофільний

**Тип засолення: х — хлоридний; сх — сульфатно-хлоридний; хс — хлоридно-сульфатний

за загальною сумою легкорозчинних солей переважно як слабкозасолені, а в окремих випадках і середньозасолені. Другим значимим типом засолення є сульфатно-хлоридний тип. Ґрунти даного хімізму солей, як правило, незасолені, а в окремих випадках слабкозасолені. Лише два горизонти ґрунтів із 17 досліджуваних на засоленість характеризуються хлоридно-сульфатним типом засолення, де сульфат-іони переважають над хлоридами. Серед катіонів водної витяжки різко домінують натрій-іони — 0,4–0,7 мекв/100 г ґрунту у верхніх горизонтах із збільшенням вмісту до 0,7–1,5 мекв/100 г донизу по профілю. Лише в чорноземі розрізу ОЗ-2, де було відмічено підвищений вміст хлоридів, кількість воднорозчинного натрію у верхньому горизонті досягає 1,75 мекв/100 г, збільшуючись до 2,4 мекв/100 г у гумусово-перехідному горизонті на глибині 10–20 см. На другому місці за вмістом серед катіонів водної витяжки — іони магнію, кількість яких у більшості випадків у 2–3 рази менша від вмісту натрій-іона.

Результати проведених досліджень дають підстави говорити про певну залежність вмісту солей у ґрунтах острова від гранулометричного складу, потужності ґрунтово-елювіальної товщі, положення за рельєфом, природної дренажності тощо. Зокрема, супіскові та з відносно більшою щебенюватістю, а відповідно й краще дренажні різновиди ґрунтів мінімально засолені — вміст солей тут не перевищує 0,03–0,05 % (розріз ОЗ-11, гор. Нq розрізу ОЗ-8). В той же час із збільшенням потужності ґрунтово-елювіальної товщі та в легкосуглинкових різновидах ґрунтів вміст солей донизу по профілю збільшується до 0,13–0,18 (0,23) %, тобто до рівня середньозасолених при хлоридному типі засолення (табл. 3.3).

Із катіонним складом легкорозчинних солей тісно корелює і склад увібраних катіонів-основ у ґрунтах острова (табл. 3.4). Сума увібраних катіонів загалом низька і значно варіює по профілю. У важчих за гранулометричним складом ґрунтах вона складає у верхньому гумусовому горизонті 23–24 мекв/100 г ґрунту, а в окремих випадках навіть більше 30 мекв/100 г ґрунту. Донизу по профілю вона, як правило, зменшується. Відносний вміст окремих катіонів характеризується переважанням двовалентних катіонів, зокрема Ca^{2+} , кількість якого у верхньому горизонті складає близько 60 %, зменшуючись з глибиною до 45–50 %. Вміст магнію у верхніх горизонтах складає в середньому 25 % від суми увібраних основ, а донизу по профілю його вміст зростає до 30 % і навіть більше.

І хоча серед увібраних основ переважають двовалентні катіони, що цілком характерно для чорноземного типу ґрунтоутворення, звертає

Таблиця 3.4

Склад увібраних основ ґрунтів о. Зміїного

№ роз- різу	Генетичний горизонт	Глибина, см	Увібрані основи						Сума уві- браних основ, мекв/100 г ґрунту		
			в мекв/100 г			в % від суми					
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺		Na ⁺	K ⁺
O3-2	Hq	4-10	15,60	7,60	3,20	0,82	57,3	27,9	11,8	3,0	27,22
	HPq	10-20	8,00	5,20	2,60	0,68	48,5	31,6	15,8	4,1	16,48
O3-3	Hq	15-25	24,00	9,60	2,85	1,63	63,0	25,2	7,5	4,8	38,08
	HPq	30-39	8,40	4,80	2,40	1,73	48,5	27,7	13,8	10,0	17,33
O3-5a	Phq	50-60	6,00	4,00	1,62	2,64	42,1	28,0	11,4	18,5	14,26
	Hq	5-15	18,80	4,80	1,90	1,78	68,9	17,6	7,0	6,5	27,28
O3-8	HPq	25-35	12,40	8,80	1,92	1,70	50,0	35,5	7,7	6,8	24,82
	Hq	6-17	14,80	5,60	1,50	0,79	65,2	24,7	6,6	3,5	22,69
O3-9	HPq	19-29	12,00	5,20	2,00	0,68	60,4	26,2	10,0	3,4	19,88
	Phq	30-40	10,40	6,80	2,30	0,73	51,4	33,6	11,4	3,6	20,23
O3-10	Hq	4-14	20,65	7,74	1,40	0,93	67,2	25,2	4,5	3,1	30,72
	Phq	20-30	5,60	3,20	0,85	0,53	55,0	31,5	8,3	5,2	10,18
O3-11	Pq	50-60	5,60	4,80	1,55	0,35	45,5	39,0	12,6	2,8	12,30
	Hq	10-20	14,40	4,80	1,43	2,58	62,0	20,7	6,2	11,1	23,21
O3-11	HPq	23-29	10,40	5,20	1,63	2,82	51,9	25,9	8,1	14,1	20,05
	Hq	3-13	16,40	6,20	0,93	1,24	66,2	25,0	3,8	5,0	24,77
	HPq	15-23	15,60	6,40	1,46	1,70	62,0	25,4	5,8	6,8	25,16

на себе увагу значний вміст у ґрунтах острова одновалентних катіонів натрію і калію. Так, вміст обмінного натрію у верхньому гумусовому горизонті коливається в межах від 4 до 12 % від суми увібраних основ, а в нижніх горизонтах зростає до 7–16 %; вміст калію відповідно складає від 3 до 11 % у верхніх горизонтах до 4–18 % у нижніх. Ці дані дають підставу зробити попередній висновок про солонцюватість ґрунтів острова. Солонцюватість, очевидно, є наслідком того, що значна частина найбільш активних ґрунтових колоїдів при зволоженні знаходиться у пептизованому і насиченому іонами натрію стані, що і є причиною безструктурності ґрунтів острова. Джерелами надходження одновалентних катіонів у ґрунти о. Зміїного, вірогідно, є імпульверизація солей з моря та продукти вивітрювання окремих різновидів польових шпатів.

Гумусність та гумусний стан ґрунтів о. Зміїного тісно пов'язані й визначаються специфікою умов ґрунтоутворення, про що йшлося вище.

Загальне уявлення про вміст, груповий та фракційний склад гумусу досліджуваних ґрунтів можна отримати з даних табл. 3.5 і 3.6.

Аналіз наведених даних вказує на нетиповість основних показників гумусного стану порівняно із зональними чорноземними ґрунтами даної широти. Перш за все, звертає на себе увагу аномально високий вміст загального гумусу — 9–17 % у верхніх горизонтах, що в 3–4 рази перевищує вміст гумусу в зональних для даних широт чорноземах південних. При цьому слід мати на увазі, що вміст гумусу згідно із загальноприйнятою методикою розраховувався відносно дрібноземистого матеріалу (<1мм). Враховуючи, що скелетна частина ґрунтового матеріалу складає на острові в середньому близько 50 % ґрунтової маси, то із розрахунку на всю масу ґрунту вміст гумусу приблизно вдвічі менший.

Певною загадкою є і джерело загальної біомаси, яка могла б бути матеріалом для гуміфікації. Рослинність тут представлена сухостеповими асоціаціями [6] і принципово не може “дати” таку значну кількість гумусу. За робочу гіпотезу, можливо, слід прийняти припущення, що основним джерелом надходження органічної речовини на поверхню о. Зміїний є продукти життєдіяльності численної транзитної орнітофауни. За багато сотень і тисяч років біомаса такого походження може бути досить значною.

Груповий склад гумусу, який є функцією біохімічної активності ґрунту, відображає специфіку процесу гуміфікації в різних типах ґрунтів. В умовах о. Зміїного процес гуміфікації, в цілому, підпорядковується зональним закономірностям.

Таблиця 3.5

Фракційний склад гумусу ґрунтів о. Зміїного

№ розрізу	Глибина, см	С заг., %	Гумінові кислоти						Фульвокислоти						Сума фракцій ГК і ФК, % від "С" заг.	Нерозчин. залишок, % від "С" заг.	Сж Сфк			
			1		2		3		1a		1		2					3		Σ ФК
			1	2	3	Σ ГК	Σ ГК	1a	1	2	3	Σ ФК								
в % від "С" заг.																				
ОЗ-1	0-6	9,87	37,89	6,69	17,43	62,01	4,05	15,50	1,01	10,64	31,20	93,21	6,79	1,99						
	6-22	9,44	40,89	3,81	16,00	60,70	4,45	9,64	13,35	11,44	38,88	99,58	0,42	1,56						
	22-26	10,17	46,21	0	7,96	54,17	4,42	5,70	9,73	5,11	24,96	79,13	20,87	2,17						
ОЗ-4	0-8	7,97	30,61	0	9,41	40,02	4,27	9,41	16,31	4,27	34,26	74,28	25,72	1,17						
	8-21	5,58	43,19	0	8,60	51,79	6,27	2,33	19,18	2,15	29,93	81,72	18,28	1,73						
	21-29	2,70	47,04	0	8,89	55,93	5,56	11,11	1,11	7,78	25,56	81,49	18,51	2,18						
ОЗ-5	0-11	10,12	27,37	1,19	9,78	38,34	3,16	8,20	1,38	8,10	20,84	59,18	40,82	1,84						
	11-30	6,62	45,62	0	9,06	54,68	4,23	2,11	5,29	6,50	18,13	72,81	27,19	3,02						
	30-38	5,82	45,53	0	9,79	55,32	3,26	0	14,60	9,97	27,83	83,15	16,85	1,99						
ОЗ-7	38-60	2,20	60,45	0	5,45	65,90	2,73	5,45	2,73	9,55	20,46	86,36	13,64	3,22						
	0-14	5,34	38,39	0	13,48	51,87	6,55	4,68	7,68	8,05	26,96	78,83	21,17	1,92						

Таблиця 3.6

Показники гумусного стану ґрунтів о. Зміїного

№ розрізу	Генетичний горизонт	Глибина, см	Показник та його оцінка						Нерозчинний залишок, % від Сзаг.
			Вміст гумусу, %	Ступінь гуміфікації, $\frac{С_{гк} \times 100}{С_{заг}}$, %	Тип гумусу $\frac{С_{гк}}{С_{фк}}$	Вміст гумінових кислот, % від суми ГК			
						Вільних	Зв'язаних з Са	Міцнозв'язаних	
ОЗ-1	Нд	0–6	17,02	62,01	1,99	61,1	10,8	28,1	6,79
			16,28	дуже високий	фульватно-гуматний	високий	дуже низький	високий	низький
			17,54	60,7	1,56	67,4	6,3	26,4	0,42
ОЗ-4	Нрq	22–26	13,74	дуже високий	2,17	85,3	0	14,7	20,87
			9,62	54,17	гуматний	дуже високий	дуже низький	середній	низький
			4,65	дуже високий	фульватно-гуматний	дуже високий	0	23,5	25,72
ОЗ-7	Нрq	21–29	9,20	40,02	1,17	76,5	0	16,6	18,28
			9,20	дуже високий	фульватно-гуматний	високий	0	15,9	18,51
			9,20	51,87	1,73	83,4	0	26,0	21,17
		0–14	9,20	55,93	2,18	74,0	0	15,9	18,51
		0–14	9,20	дуже високий	гуматний	дуже високий	0	15,9	18,51
		0–14	9,20	дуже високий	фульватно-гуматний	високий	0	26,0	21,17

У складі гумусу повсюдно переважають гумінові кислоти (ГК), а співвідношення Сгк:Сфк коливається в межах 1,6–3,2, тобто переважає фульватно-гуматний і гуматний тип гумусу (табл. 3.5). Вміст нерозчинного залишку (гуміну), який є, умовно кажучи, інертною складовою гумусу, також не має істотних відхилень від ґрунтів суходолу і коливається в межах 13–40 % від загального вуглецю. Лише в окремих випадках його вміст зменшується до 0,4–6,5 % (розріз ОЗ-1).

На даному етапі ми не торкаємося питань профільного розподілу вмісту гумусу та окремих його груп, що певною мірою може відображати рухомість окремих складових гумусу. Такий аналіз потребує додаткових спеціальних досліджень з урахуванням геоморфологічних особливостей острова (куполоподібна форма, нерівність підстеляючого ґрунту субстрату) та напрямків геохімічних потоків.

Цікавим у контексті загальної характеристики гумусного стану ґрунтів о. Зміїного є дані фракційного складу окремих гумусових речовин за формами їхніх сполук з мінеральними компонентами ґрунту.

Серед фракцій гумінових кислот тут абсолютно переважає ГК-1 — свіжі слабкодегідратовані бурі гумінові (ульмінові) кислоти, зв'язані з рухомими гідратами півтораокислів. Їхня частка у більшості випадків складає 30–60 % загального вмісту вуглецю (табл. 3.5). Враховуючи історію формування самого острова і, зокрема, його поверхні, це цілком природно, оскільки процеси вивітрювання, а відповідно і ґрунтоутворення, тут тривають порівняно короткий час. Тому серед продуктів вивітрювання переважають “молоді” гідратовані оксиди Fe і Al, з якими в першу чергу і взаємодіють новоутворені гумінові кислоти.

Молодість ґрунтоутворюючого субстрату (елювію-делювію конгломератів і брекчій), вірогідно, є також причиною низького вмісту стійких півтораокислів і особливо глинистих мінералів.

Відповідно і вміст фракції ГК-3, що являють собою гумінові кислоти, зв'язані з названими мінеральними компонентами, досить низький і складає 8–10 % з деякими відхиленнями.

Окремого обговорення потребує фракція ГК-2, яка в зональних чорноземах південного суходолу є основною і представлена темними гуміновими кислотами, зв'язаними з кальцієм. В ґрунтах о. Зміїного вона, за окремими винятками, практично відсутня. Це, знов таки, пов'язано з незначною часткою кальцію в біогеохімічному кругообігу в межах острова і прилеглої акваторії Чорного моря. Основним його джерелом слід вважати надходження кальцію іззовні через послід орнітофауни, оскільки алюмосилікатні гірські породи острова майже

не містять кальцієвих сполук. Частина наявного на острові кальцію включається в біологічний кругообіг, певна його частка знаходиться у ґрунтово-вбирному комплексі і незначна кількість бере участь в утворенні фракції ФК-2. Про останнє свідчать дані табл. 3.5. Згідно з цими даними у складі фульвокислот значно меншою є частка фракцій, зв'язаних з рухомими півтораокислами, але серед них присутні найбільш "агресивні" (у відношенні до мінеральної частини ґрунту) вільні фульвокислоти (ФК-1а). Наявність вільних фульвокислот фракції ФК-1а та високі значення гідролітичної кислотності (в середньому 15–20, а в деяких випадках до 25–27 мекв/100 г ґрунту) можуть бути передумовою інтенсифікації процесів вивітрювання. Доволі значна розбіжність вмісту фракції ФК-2 в різних горизонтах ґрунтів острова, на нашу думку, пояснюється наявністю чи відсутністю в цих горизонтах кальцію, про дефіцит якого вже згадувалось. Вміст фракції ФК-3, що складається із полімерних комплексів фульвокислот з гуміновими кислотами, зв'язаними зі стійкими гідратами півтораокислів, відповідає в цілому вмісту фракції ГК-3. Це свідчить про певну "зрілість" цих фракцій.

Оцінка гумусного стану ґрунтів о. Зміїного наводиться за даними табл. 3.6. В першу чергу, звертає на себе увагу дуже високий у всіх випадках ступінь гуміфікації специфічних органічних сполук. Виходячи із нашої робочої гіпотези про основне джерело надходження органіки на поверхню острова за рахунок посліду орнітофауни, це можна пояснити високою "підготовленістю" (подрібненість, глибокий ступінь перетворення) вихідного органоматеріалу для процесів гуміфікації. В цілому ж гумус досліджуваних ґрунтів о. Зміїного, як уже відзначалося вище, представлений цілком якісними фульватно-гуматним та гуматним типами.

Оцінка вмісту фракцій гумінових кислот та нерозчинного залишку більш неоднозначна. Високий і дуже високий вміст вільних ГК на фоні низького у всіх випадках вмісту нерозчинного залишку свідчить про значну рухомість гумінових кислот. Фракція гумінових кислот, зв'язаних з кальцієм, у ґрунтах острова або зовсім відсутня, або вміст її дуже низький. Вміст міцнозв'язаних ГК оцінюється як високий і середній.

Серед інших специфічних особливостей ґрунтів острова слід відзначити високий вміст в них рухомих форм елементів живлення рослин (табл. 3.7). Так, загальна сума мінерального азоту (аміачного і нітратного) у верхньому гумусовому горизонті в середньому перевищує

3 мг/100 г ґрунту, що дає підстави оцінити їх як високозабезпечені. Але особливу увагу звертає на себе вміст у ґрунтах острова рухомого фосфору. В усіх досліджуваних розрізах його вміст у верхньому гумусовому горизонті знаходився на рівні від майже 100 до більш ніж 200 мг/100 г ґрунту. Такий рівень фосфору у відповідності до існуючих методик оцінюється як дуже високий. Якщо його порівнювати з фоновими значеннями, які характерні для чорноземів степової зони, то вміст фосфору у ґрунтах о. Зміїного більш ніж на порядок вищий.

Таблиця 3.7

Агрохімічні властивості ґрунтів о. Зміїного

Розріз, ґрунт	Генетичний горизонт	Глибина, см	Азот, мг/100 г		Рухомі сполуки (по Чирикову), мг/100 г	
			NH_4^+	NO_3^-	P_2O_5	K_2O
ОЗ-2 Чн*	Нq	4–10	5,20	0,20	97,50	20,0
	Нрq	10–20	3,15	0,35	96,25	18,0
ОЗ-3 Чк	Нq	15–25	2,35	0,90	178,75	38,0
	Нрq	30–39	1,85	0,25	96,25	19,0
	Phq	50–60	1,10	0,10	81,25	26,0
ОЗ-5а Чн	Нq	5–15	2,00	1,25	206,75	38,0
	Нрq	25–35	2,35	сл.	91,25	55,0
ОЗ-8 Чк	Нq	6–17	2,25	0,50	112,50	22,0
	Нрq	19–29	1,85	0,45	191,25	11,0
	Phq	30–40	2,35	0,40	225,00	10,0
ОЗ-9 Чн	Нq	4–14	2,35	0,70	178,75	20,0
	Phq	20–30	2,50	0,40	91,25	4,0
	Рq	50–60	2,80	сл.	91,25	4,0
ОЗ-10 Чк	Нq	10–20	1,85	0,60	127,50	84,0
	Нрq	23–29	1,50	0,30	121,25	76,0
ОЗ-11 Чн	Нq	3–13	1,55	1,25	91,25	52,0
	Нрq	15–23	1,20	0,25	77,50	44,0

* Індeksi ґрунтів: Чн — чорнозем неповнорозвинений; Чк — чорнозем короткопрофільний

Ще однією специфічною особливістю ґрунтів є значна збагаченість їх рухомим калієм. Адже відомо, що вміст рухомого калію у ґрунтах визначається головним чином їхнім гранулометричним складом: чим він важчий, тим вищий вміст калію. Ґрунти ж острова є легкими за гранулометричним складом. Вміст рухомого калію, особливо у верхньому гу-

мусовому горизонті коливається в межах від 20 до більш ніж 80 мг/100 г ґрунту, що дає підстави оцінювати їх як високозабезпечені цим елементом живлення рослин.

Ймовірно, високий вміст в ґрунтах острова мінеральних форм NPK, доступних рослинам, є результатом прогресуючої акумуляції цих елементів у процесі малого біологічного кругообігу, а також за рахунок посліду мешкаючих птахів при малоінтенсивному біоспоживанні елементів в умовах острова.

Як зазначалося вище, з метою вивчення структури ґрунтового покриву острова нами вперше був закладений і вивчений ґрунтово-геоморфологічний трансект довжиною 111 м у північно-східній його частині. По всьому трансекту відкрита ґрунтово-підґрунтова товща до щільної підстеляючої породи. Дослідження ґрунтів по трансекту проведено із кроком в 1 м. Регістрограма морфологічних ознак ґрунтів трансекту представлена на рис. 3.6.

Аналіз вивчення морфологічних ознак ґрунтів по трансекту засвідчує, що на слабкопохилих (до 1°) і похилих ($1-3^\circ$) схилах трансекту північно-східної експозиції у північно-східній частині острова формуються пересічно чорноземи короткопрофільні. На поверхні в них виділяється горизонт дернини потужністю в середньому близько 5 см, а на окремих ділянках до 10 см, складений масою сухих нерозкладених і слабкорозкладених трав'янистих решток. Нижня межа гумусово-перегнійного горизонту H_q коливається в широкому діапазоні — від 14 до 28 см, складаючи в середньому біля 20 см. В широких межах коливається і загальна потужність ґрунтово-елювіальної товщі — від 27 до 49 см. На спадистих ($3-5^\circ$) і сильно спадистих ($5-10^\circ$) схилах формуються чорноземи неповнорозвинені. На відміну від короткопрофільних для них характерна загалом менша потужність горизонтів профілю і загальна потужність ґрунтово-елювіальної товщі.

Дані статистичної обробки результатів морфолого-генетичного вивчення ґрунтів і ґрунтового покриву по трансекту представлені в табл. 3.8. Згідно з даними статистичної обробки результатів морфолого-генетичного вивчення ґрунтів і ґрунтового покриву по трансекту середня потужність ґрунтово-підґрунтово-елювіальної товщі складає 26,8 см, гумусового горизонту $H_q + H_{rq}$ — 24,25 см. На долю чорноземів неповнорозвинених на досліджуваній ділянці острова припадає 57 % поверхні, чорноземи короткопрофільні займають 38 % і виходять щільних порід — 5 % площі. Безумовно, на інших ділянках острова це співвідношення буде іншим, в залежності від площі під виходами

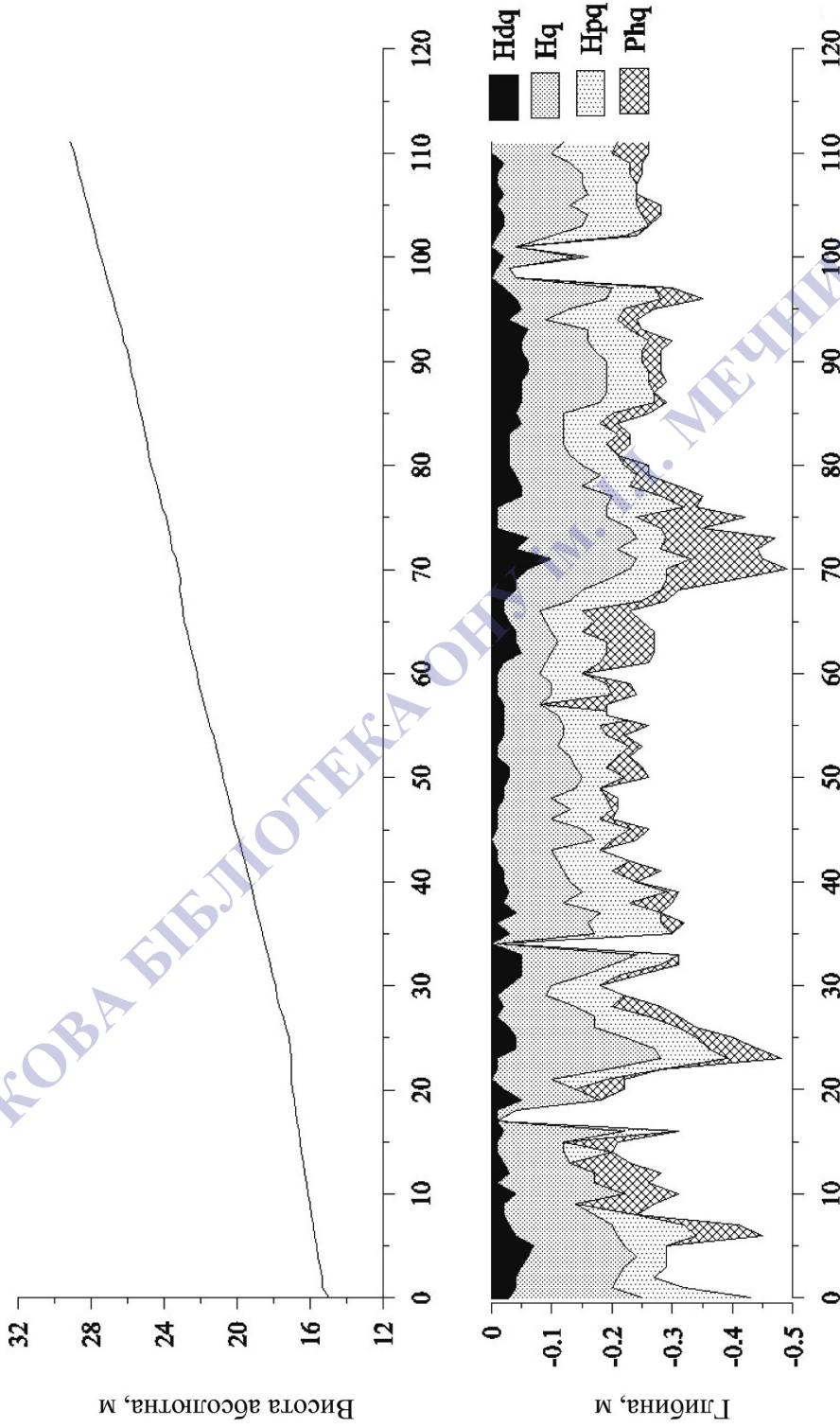


Рис. 3.6. Геоморфолого-грунтовий трансект по території о. Зміного

на денну поверхню щільних порід, загальної потужності ґрунтово-підґрунтово-елювіального покриву на ділянках поверхні між виходами порід та інших умов і чинників.

Таблиця 3.8

Статистичні показники морфологічних ознак ґрунтів трансекту

Нижня межа горизонту, см	Кількість показників	Середнеарифметичне	Дисперсія	Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації, %	Помилка середнього	Відносна помилка середнього, %
Hdq	105	2,94	3,17	1,78	60,54	0,17	5,78
Hq	111	15,02	27,64	5,26	35,02	0,50	3,33
Hrq	97	24,25	29,44	5,43	22,39	0,55	2,27
Ґрунтово-елювіальна товща	111	26,82	75,37	8,68	32,36	0,82	3,06

3.4. ВИСНОВКИ ТА ЗАКЛЮЧЕННЯ

Підсумовуючи результати вперше проведених нами на о. Зміїному у 2003–2007 рр. досліджень умов, чинників та сутності ґрунтоутворення, ґрунтів і ґрунтового покриву острова, можна зробити наступні висновки:

1. В своєрідних природно- та господарсько-екологічних умовах о. Зміїного на ділянках малопотужного кам'янисто-щебенюватого некарбонатного елювію чи елюво-делювію, між виходами на поверхню щільних порід, під покривом загалом бідної степової різнотравно-злакової рослинності протікає процес острівного ґрунтоутворення. За своєю сутністю, на нашу думку, це процес специфічного чорноземоутворення як один із численних проявів дернового процесу ґрунтоутворення. Протікає процес чорноземоутворення в умовах практично постійного аерально-імпульверизаційного привнесення на територію острова солей з акваторії моря, в основному хлоридів натрію.

2. Особливістю морфології ґрунтів острова є їхня некарбонатність, сильна щебенюватість, безструктурність чи слабка оструктуреність. У зв'язку з виходами на денну поверхню щільних порід ґрунтовий покрив локально-фрагментарний з різною просторовою потужністю ґрунтових профілів у залежності від глибини залягання підстиляючих порід. В ґрунтовому профілі під горизонтом дернини із значною масою сухих

нерозкладених і слабкорозкладених трав'янистих решток виділяється темно-сірий (до чорного при зволоженні) малопотужний (до 10–20 см) щебенюватий гумусово-перегнійний горизонт Hq , рівномірно і добре гумусований, який ясно виражено переходить в гумусово-перехідний кам'янисто-щебенюватий горизонт Hrq сіро-бурого чи сіро-каштанового кольору.

3. За потужністю гумусового горизонту ($Hq+Hrq$) чорноземи острова діагностовані як неповнорозвинені (потужністю до 25 см) і короткопрофільні (потужністю 25–45 см) піщано-легкосуглинкові та піщано-супіскові щебенюваті.

4. Результати проведених нами морфолого-генетичних досліджень чорноземів острова засвідчили, що літологічний профіль (літологічна сутність) ґрунту тут повністю успадкований від вихідної товщі кам'янисто-щебенюватого елювію щільних порід. Більш глибокі (короткопрофільні) чорноземи формуються на рівнинних та виположено-шлейфових ділянках, де потужність елювіальної (делювіально-елювіальної) товщі перевищує 30–40 см, а поверхня ґрунту знаходиться під покривом відносно густішої степової рослинності. На схилових ділянках, де менша загальна потужність ґрунтово-елювіальної товщі, формуються пересічно чорноземи неповнорозвинені із потужністю гумусового горизонту $Hq + Hrq$ до 25 см та всієї ґрунтово-елювіальної товщі до 30 см.

5. Однією із специфічних особливостей ґрунтів острова є те, що їхні вискодисперсні частинки знаходяться у вільному (нескоагульованому) стані і утворюють лише незначну частину мікроагрегатів на відміну від зональних чорноземів степової зони, що формуються на лесових породах. Гумусові частинки в ґрунтах острова практично не зв'язані або слабо зв'язані з мінеральною основою, в сухому стані легко розтираються до однорідного “тонкосажового” стану, видуваються вітром, при зволоженні набувають однорідно-мазкої консистенції чорного (смолянистого) забарвлення.

6. Важливою генетичною особливістю досліджуваних ґрунтів є їхня засоленість. Джерелами легкорозчинних солей тут, з одного боку, ймовірно є продукти вивітрювання щільних порід, що складають поверхню острова, а з іншого — імпульверизаційно-аеральне їхнє надходження з навколишньої акваторії Чорного моря. Загальна сума солей у верхніх горизонтах профілю складає пересічно 0,05–0,07 %, збільшуючись з глибиною до 0,1–0,2 % від ваги ґрунту. За площею домінують ґрунти хлоридного та сульфатно-хлоридного типів засолення, за ступенем за-

соленості — слабкозасолені. Серед катіонів водної витяжки різко домінують натрій-іони, на другому місці за вмістом — іони магнію.

7. Із катіонним складом легкорозчинних солей тісно корелює склад поглинутих катіонів у чорноземах острова. Сума увібраних катіонів у верхніх горизонтах варіює найчастіше в межах 25–30 мекв/100 г ґрунту. Серед увібраних основ на долю кальцію припадає біля 60 % ємності поглинання, магнію — 25 %, натрію і калію — до 15 %. Донизу по профілю дещо зменшується доля поглинутого кальцію і зростає вміст магнію та натрію, що дає підстави говорити про солонцюватість чорноземів острова.

8. Доволі специфічний гумусний стан ґрунтів острова. Вміст гумусу у верхніх горизонтах складає 9–17 % від маси дрібнозему (5–8 % від загальної ваги ґрунту із скелетною частиною), що суттєво вище, ніж у зональних чорноземах на лесах для даної широти. У складі гумусу переважають гумінові кислоти, а співвідношення Сгк:Сфк становить 1,6–3,2. Вміст нерозчинного залишку гумусу (гуміну) коливається в межах 13–40 % від загального вуглецю. Серед фракцій гумінових кислот домінує фракція ГК-1, зв'язаних з рухомими гідратами півтораокислів заліза та алюмінію — 30–60 % від загального вмісту вуглецю гумусу. В той же час типова для чорноземів фракція гумінових кислот, зв'язаних з кальцієм (ГК-2), в ґрунтах острова практично відсутня.

9. Серед інших специфічних особливостей ґрунтів острова відзначимо високий вміст в них доступних рослинам форм НРК. Забезпеченість ґрунтів азотом і калієм висока, а рухомим фосфором — дуже висока. Ймовірно, високий вміст в ґрунтах форм НРК, доступних рослинам, є результатом прогресуючої акумуляції цих елементів у процесі малого біологічного кругообігу, а також за рахунок посліду мешкаючих птахів при малоінтенсивному біоспоживанні елементів в умовах острова.

Таким чином, проведені нами вперше на о. Зміїному у 2003–2007 рр. дослідження чинників і сутності ґрунтоутворення, речовинно-хімічного складу і властивостей ґрунтів та структури ґрунтового покриву засвідчили специфічність місцевих як процесів ґрунтоутворення, так і сформованих ґрунтів і ґрунтового покриву. Подібних аналогів умов і процесів ґрунтоутворення та ґрунтів в Україні немає. Разом з тим одержані в результаті досліджень матеріали, що викладені вище, ми вважаємо попередніми, які повинні бути доповнені та уточнені дослідженнями у наступні роки.

Розділ 4

КЛІМАТИЧНІ І МЕТЕОРОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Кліматичні і метеорологічні умови, в яких існує і функціонує екосистема о. Зміїного, визначають інтенсивність біологічних процесів на острові і в прибережних водах, температурний і вітровий режим. Саме тому метеорологічні спостереження є обов'язковим елементом програми довгострокового моніторингу, який проводиться на острові науковцями ОНУ ім. І. І. Мечникова. Крім того, для вивчення і прогнозування довгострокових змін у екосистемах острова та прилеглої частини Чорного моря необхідно мати інформацію про довгострокові коливання клімату, які в останні роки впливають на всі сторони діяльності людини.

Основною метою метеорологічних досліджень на о. Зміїному було вивчення абіотичних умов існування унікальних біоценозів острова й прилеглого шельфу Чорного моря та оцінка впливу кліматичних змін на стан екосистем. Частина проаналізованої нами інформації була отримана науковцями науково-дослідної станції “Острів Зміїний”, а частина була люб'язно надана нам спостерігачами гідрометеорологічного посту Держгідромету.

4.1. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ІСТОРИЧНИХ ДАНИХ ПРО КЛІМАТ РАЙОНУ

Кліматичні і метеорологічні дослідження узмор'я р. Дунай і північно-західної частини Чорного моря (ПЗЧМ) проводяться з п'ятдесятих років, однак, акцент на дослідженнях екосистеми району о. Зміїного почав робитися, починаючи з 1995 р. [4, 8, 13]. З літературних даних відомо, що окремі метеорологічні спостереження за температурою та вологістю повітря на о. Зміїному проводились з 1950 по 1961 рр. [13], а відповідно [18] з 1951 до 1960 рр.; спостереження за атмосферними опадами — з 1952 до 1959 рр.; спостереження за вітром — з 1952 до 1960 р. Крім того, відомо [13], що в період з 1980 по 1989 рр. станцією спостереження Міністерства оборони СРСР виконувались також спо-

стерезення за вітром. На острові, починаючи з грудня 2001 р. проводяться щоденні метеорологічні спостереження спеціалістами Державної гідрометеорологічної служби України. В програму спостережень гідрометеопосту входять спостереження за горизонтальною видимістю, хмарністю, швидкістю та напрямком вітру, температурою повітря, відносною вологістю, атмосферним тиском, хвилюванням та температурою водної поверхні. Крім того, у районі о. Зміїного проводились метеорологічні спостереження у терміни виконання судових експедицій [8, 13]. Значні обсяги гідрометеорологічної інформації досліджуваного району накопичені та проаналізовані Морським гідрофізичним інститутом НАН України [13].

З 2003 р. вахтовим персоналом науково-дослідної станції ОНУ ім. І. І. Мечникова [17] проводяться регулярні спостереження за температурою повітря та води, тиском, швидкістю та напрямком вітру, сумою атмосферних опадів. У 2004–2005 рр. в рамках виконання бюджетної тематики проводились також і актинометричні спостереження. Частина результатів досліджень ОНУ ім. І. І. Мечникова опубліковано в роботах [3, 6, 9].

Для аналізу довгострокових змін клімату району ми також використовували опубліковані дані з найближчих румунських метеорологічних станцій Суліна (1881–1940 рр.) і Констанца (1885–1942 рр.), розташованих на узбережжі Чорного моря [18], та метеорологічної станції Усть-Дунайськ (1984–2007 рр.) за даними Дунайської гідрометобсерваторії.

Аналіз історичних кліматичних даних, наведених у роботах [4, 13, 18], показує, що для району Чорного моря, в якому розташований о. Зміїний, характерний помірний тип клімату з перевагою циклонічної циркуляції помірних (континентальних і морських) повітряних мас, значна тимчасова мінливість усіх метеорологічних характеристик, зволоження фронтальними опадами, особливо в холодний час року, і риси континентальності, що виявляються в значних коливаннях температури повітря по сезонах і нерівномірному розподілі опадів. Взимку циклони приносять на Чорне море морське повітря з Атлантичного океану, обумовлюючи опади, підвищення температури повітря і шквалісті вітри. Влітку переважає антициклонічний тип циркуляції повітряних мас.

4.2. ТЕРМІНИ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ У 2003-2007 РР.

У 2003 р. в рамках виконання науково-дослідних робіт, які фінансувались Міністерством освіти і науки України, на експедиційному судні “Циклон” Дунайської гідрометобсерваторії ОНУ ім. І. І. Мечникова провів чотири експедиції, у ході яких було виконано 134 морські станції безпосередньо на полігоні біля о. Зміїного і 42 станції на узмор’ї р. Дунаю. Експедиції проводилися у періоди: 23–30 травня; 23 червня — 4 липня; 19–26 серпня; 23–30 вересня 2003 р. В усіх вищеназваних експедиціях проводилися метеорологічні спостереження. З травня 2003 р. по грудень 2007 р. на острові і шельфі о. Зміїного вахтовими групами науково-дослідної станції “Острів Зміїний” ОНУ ім. І. І. Мечникова проводились щоденні спостереження за наступними метеорологічними показниками (табл. 4.1): атмосферним тиском, швидкістю і напрямком вітру, хмарністю, температурою повітря, кількістю опадів, вологістю та ін.

Враховуючи той факт, що місце проведення метеорологічних спостережень, які виконуються гідрометеорологічним постом Держгідромету України, розташоване у житловій північно-західній частині острова (рис. 4.1), нами на протязі 2004–2006 рр. в рамках науково-дослідного проекту “Розробка екологічно безпечної автономної системи енергозабезпечення інфраструктури острова Зміїний”, який фінансувався Міністерством освіти і науки України, проводилися паралельні спостереження за напрямком і швидкістю вітру в кількох додаткових точках острова для оцінки репрезентативності спостережень, які проводяться гідрометеорологічним постом.

Одночасно вахтовий склад науково-дослідної станції “Острів Зміїний” додатково проводив окремі види спостережень, які не входять у програму спостережень метеорологічного поста Держгідромету, а саме: щоденно вимірювалася кількість опадів та три-шість разів на добу проводилися актинометричні спостереження і вимірювання напрямку та швидкості вітру на точках відбору зразків атмосферних опадів та гідрологічних і гідрохімічних спостережень. Місця розташування додаткових спостережень та їх характеристика проілюстровані на рис. 4.1. та табл. 4.2.

Додаткові чотири майданчика до існуючого гідрометеорологічного посту Держгідромету України використовуються в зв’язку з тим, що на острові не встановлено репрезентативного місця метеорологічних

спостережень, на якому можна було б вимірювати параметри вітру без впливу орографічних перешкод та існуючих будівель. Враховуючи орографічні особливості острова, нами було вибрано декілька додаткових майданчиків, дані з яких використовувалися нами як для оцінки репрезентативності стандартних метеорологічних спостережень, так і для інших цілей, пов'язаних з відбором зразків і проведенням робіт відповідно до власної програми моніторингу, яку ми започаткували з 2003 р., а саме: гідрологічних і гідрохімічних спостережень, відбору зразків атмосферних опадів, проведення актинометричних спостережень та інших.

Таблиця 4.1

Кількість визначень метеорологічних і актинометричних параметрів на полігоні і о. Зміїному у 2003–2007 рр.

Рік	Атмосферний тиск	Швидкість вітру	Напрямок вітру	Загальна хмарність	Видимість	Температура повітря	Відносна вологість	Опади	Актинометричні спостереження*
2003	32	77	77	32	8	77	23	0	0
2004	1834	2674	2639	1039	867	1078	1015	274	5192
2005	2110	3056	3067	1090	1084	1088	1079	519	3504
2006	2347	3755	3731	1172	1085	1085	1065	721	2194
2007	1865	2764	2800	1063	1063	1444	1058	474	0

Примітка. * В перелік актинометричних спостережень входили: сонячна пряма, розсіяна та відбита радіація, освітленість, а також спостереження за хмарністю, температурою повітря та поверхні землі, дальністю бачення, кольором неба, станом диску Сонця.

Майданчик Метео-1 розташований в північно-західній частині острова, поруч з вертолітним майданчиком. Він цілком відкритий для вітрів західних і північних румбів, частково відкритий для вітрів східних румбів і майже закритий схилом для вітрів південних та південно-східних румбів. Поблизу цього майданчика крім спостережень за напрямком і швидкістю вітру, проводився відбір атмосферних опадів та відкладень і актинометричні спостереження.

Майданчик Метео2 розташований на одному з найвищих місць острова, поруч зі знаком “Острів Зміїний”. Площадка відкрита з незнач-

ним впливом орографії для вітрів західних, північних і східних румбів, частково закрита будівлями маяка і музею для вітрів південних румбів. На ній проводились спостереження за напрямком та швидкістю вітру.

Таблиця 4.2

Характеристики майданчиків метеорологічних і актинометричних спостережень на о. Зміїному

Назва майданчика	Широта	Довгота	Висота місця проведення спостережень над рівнем моря, м
Meteo1	45°15'21,7''	30°12'03,3''	27,5
Meteo2	45°15'20,6''	30°12'08,9''	40,5
Meteo3	45°15'14,8''	30°12'13,4''	39,5
Meteo4	45°15'25,0''	30°12'25,7''	16,5
Гідрометеопост	45°15'24,5''	30°12'14,6''	14,4
Actino	45°15'23,3''	30°12'03,5''	25,0

Майданчик Метео3 також розташований на одному з найвищих місць острова, південніше на 50 метрів від недіючої автоматичної метеостанції, поряд з колишнім дзотом. Майданчик відкритий з незначним впливом орографії і військових будівель для вітрів західних, південних і східних румбів, майже закритий будівлями маяка і схилом для вітрів північно-західних та північних румбів. На цьому майданчику проводились спостереження за напрямком та швидкістю вітру.

Майданчик Метео4 розташований на 30 метрів західніше гідрометеорологічного посту Держгідромету України. Він цілком відкритий для вітрів північних і східних румбів; майже закритий будівлями для вітрів західних і південних румбів. На цьому майданчику проводилися спостереження за напрямком та швидкістю вітру.

Гідрометеорологічний пост о. Зміїний Держгідромету України, інформація з якого також використовувалась нами при аналізі метеорологічних і кліматичних умов, розташований у північно-східній частині острова. Вимірювачі напрямку і швидкості вітру розміщені на щоглі висотою 6 м над поверхнею острова, цілком відкриті для вітрів північних, східних і південних румбів та частково закриті будівлями й орографією острова для вітрів західних і південно-західних румбів.

Майданчик Actino розташований в північно-західній частині острова. Поверхня ґрунту на ньому в основному трав'яна з виходами гірської

породи. Майданчик спостережень за параметрами сонячної радіації був розташований на місці, де генеральним планом розвитку острова передбачено розташування станції фонового атмосферного моніторингу, на якому, можливо, буде встановлено сонячні батареї для забезпечення живлення вимірювальної апаратури.

Для проведення метеорологічних спостережень на острові нами використовувалися стандартні методи і настанови, які використовуються у гідрометеорологічній мережі України, а саме: хмарність та тип хмар відповідно [1, 10]; температура повітря — [10]; абсолютна і відносна вологість за допомогою психрометричних таблиць [14]; атмосферний тиск — [10]; напрямок вітру і швидкість вітру вимірювалися відповідно [10]. Метеорологічні спостереження проводилися у світлий час доби о 9. 00, 12. 00, 15. 00, 18. 00, 21. 00 за місцевим часом.

Параметри сонячної радіації, такі, як сумарна, розсіяна та відбита радіація, вимірювалися піранометром ПП-1 відповідно [12, 15], який був встановлений на обертовій стійці М-13-а. Освітленість вимірювалася люксометром Ю-116 відповідно [7]. Строкові актинометричні спостереження виконувалися 5 разів на добу: 6. 30, 9. 30, 12. 30, 15. 30, 18. 30. Проводилися вимірювання прямої сонячної, розсіяної та відбитої радіації, освітленості, а також паралельні спостереження за хмарністю, температурою повітря та поверхні землі, дальністю бачення, кольором неба, станом диску Сонця.

Координати місця спостережень визначалися за допомогою приладу супутникової навігації “Garmin GPS 12” з точністю 10 м, відповідно з [16].

4.3. РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕНИХ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ТА ЇХНІЙ АНАЛІЗ

У зв'язку з тим, що на протязі 2003–2007 рр. щорічні обсяги спостережень дуже відрізнялись як за термінами, так і за переліком спостережень, ми провели детальний аналіз щорічних спостережень.

Інформація, отримана нами в 2003 р. (табл. 4.1 і 4.3), носила епізодичний характер, тому що до неї включено лише результати спостережень, виконаних під час проведення 4-х експедицій.

Аналіз наведених в табл. 4.3 даних показав, що під час експедицій 2003 р. в основному спостерігалися вітри північних і південних румбів, що відповідає переважним напрямкам вітру в цьому районі Чорного

моря [13, 18]. Середні температури повітря весною, влітку та восени 2003 р. коливалися між 18,3°C у травні та 24,7°C у серпні. Максимум температури повітря у 2003 р. був зареєстрований у серпні і складав +28,2°C. При цьому практично у всіх експедиціях 2003 р., за виключенням травневої, спостерігалася штормова погода та часті шквали. Атмосферний тиск у всіх експедиціях був підвищений і характерний для антициклонічного баричного поля.

Таблиця 4.3

Середні значення метеорологічних параметрів по експедиціях до о. Зміїного у 2003 р.

Час проведення експедиції	Атмосферний тиск, гПа	Швидкість вітру, м/с	Напрямок вітру	Температура повітря, °С	Загальна хмарність, бал	Відносна вологість, %
23–30 травня	1026,1	2,3	ПдПдЗ	18,3	6	-
23 червня — 4 липня	1026,8	7,5	ЗПдЗ	23,5	4	68
23–30 серпня	1036,8	5,7	ПдПдЗ	19,0	1	-
19–26 вересня	1029,8	5,3	Пн 43%; Пд 26%	24,7	4	75

Аналіз наведених на рис. 4.2–4.6 даних (щоденні спостереження за атмосферним тиском, швидкістю вітру, температурою, загальною хмарністю та відносною вологістю відповідно) показав, що метеорологічні параметри мають чіткий річний та сезонний хід на протязі 2004–2007 рр. та доволі великі коливання їх значень.

Атмосферний тиск у районі о. Зміїного (рис. 4.2) змінювався у 2004 р. від 996,4 (16.01.2004 р.) до 1039,0 (14.03.2004 р.) гПа; у 2005 р. — від 988,1 (27.02.2005 р.) до 1039,1 гПа (08.02.2005 р.); у 2006 р. — від 997,1 (29.08.2006 р. та 03.03.2006 р.) до 1039,7 (24.01.2006 р.) гПа; у 2007 р. — від 996,6 (19.01.2007 р.) до 1035,7 (17.02.2007 р.) гПа. При цьому мінімальне за 4 роки значення атмосферного тиску було зареєстровано 27 лютого 2005 р., а максимальне — 24 січня 2006 р. За даними спостережень з січня 2004 р. до грудня 2007 р. був визначений позитивний тренд зміни атмосферного тиску, який складав 0,47 гПа/рік. Сезонний хід атмосферного тиску характеризувався підвищенням взимку та зменшенням влітку що обумовлено загальною циркуляцією атмосферних мас над західною частиною Чорного моря.

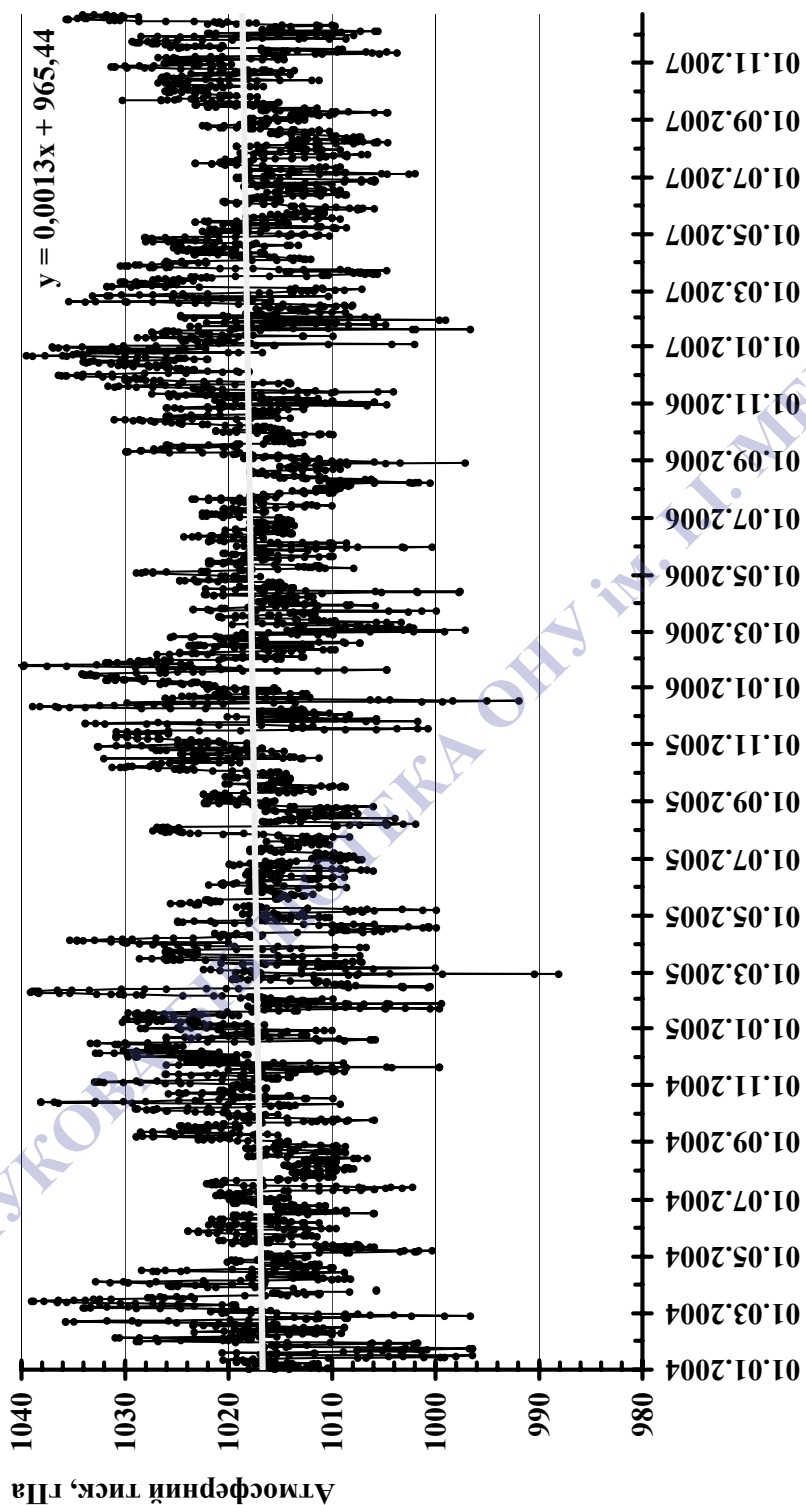


Рис. 4.2. Результати щоденних спостережень за атмосферним тиском (гПа) на о. Зміїному у 2004–2007 рр.
(лінією позначений лінійний тренд)

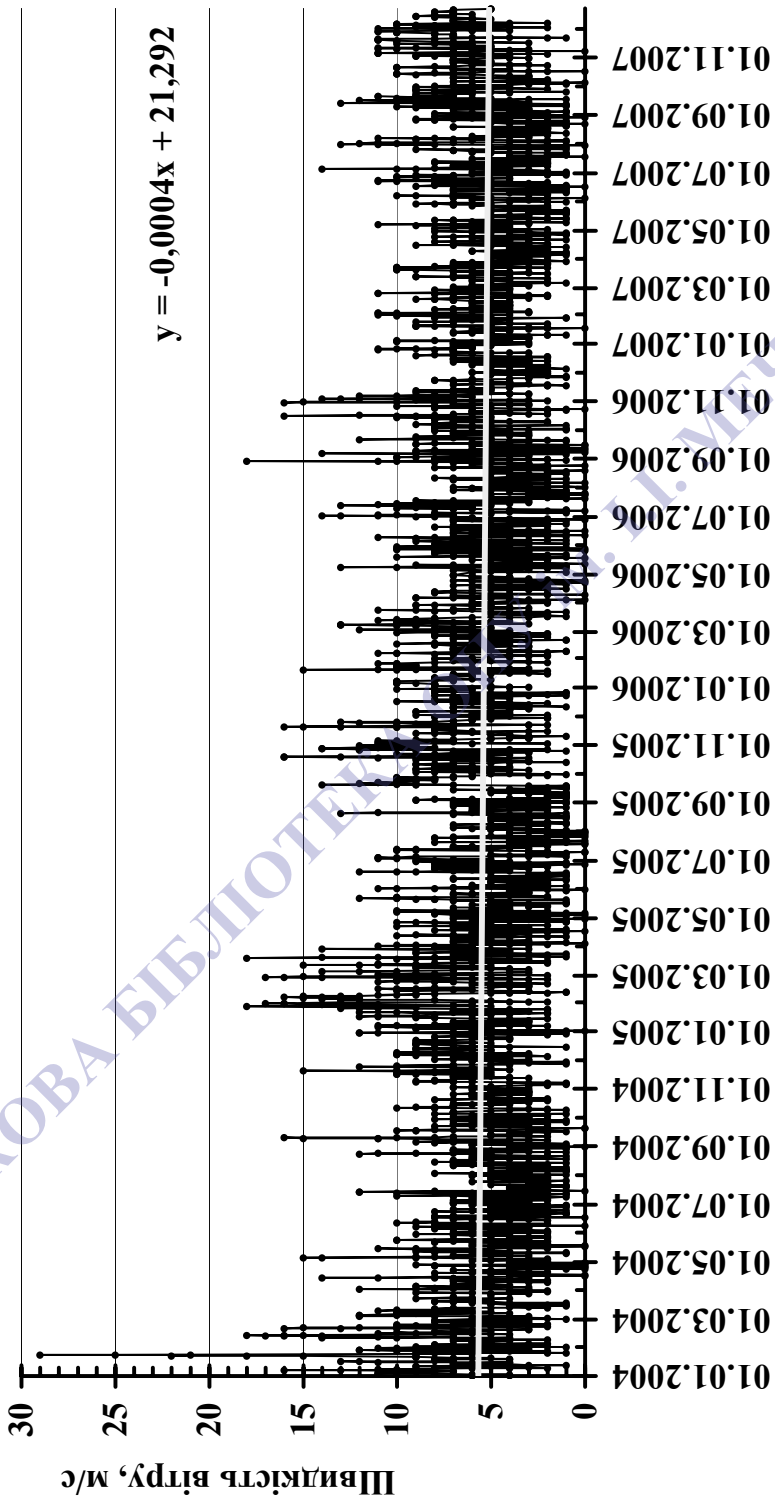


Рис. 4.3а. Результати щоденних спостережень за швидкістю вітру (м/с) на о. Зміїному у 2004–2007 рр.
на гідрометеорологічному посту
(лінією позначений лінійний тренд)

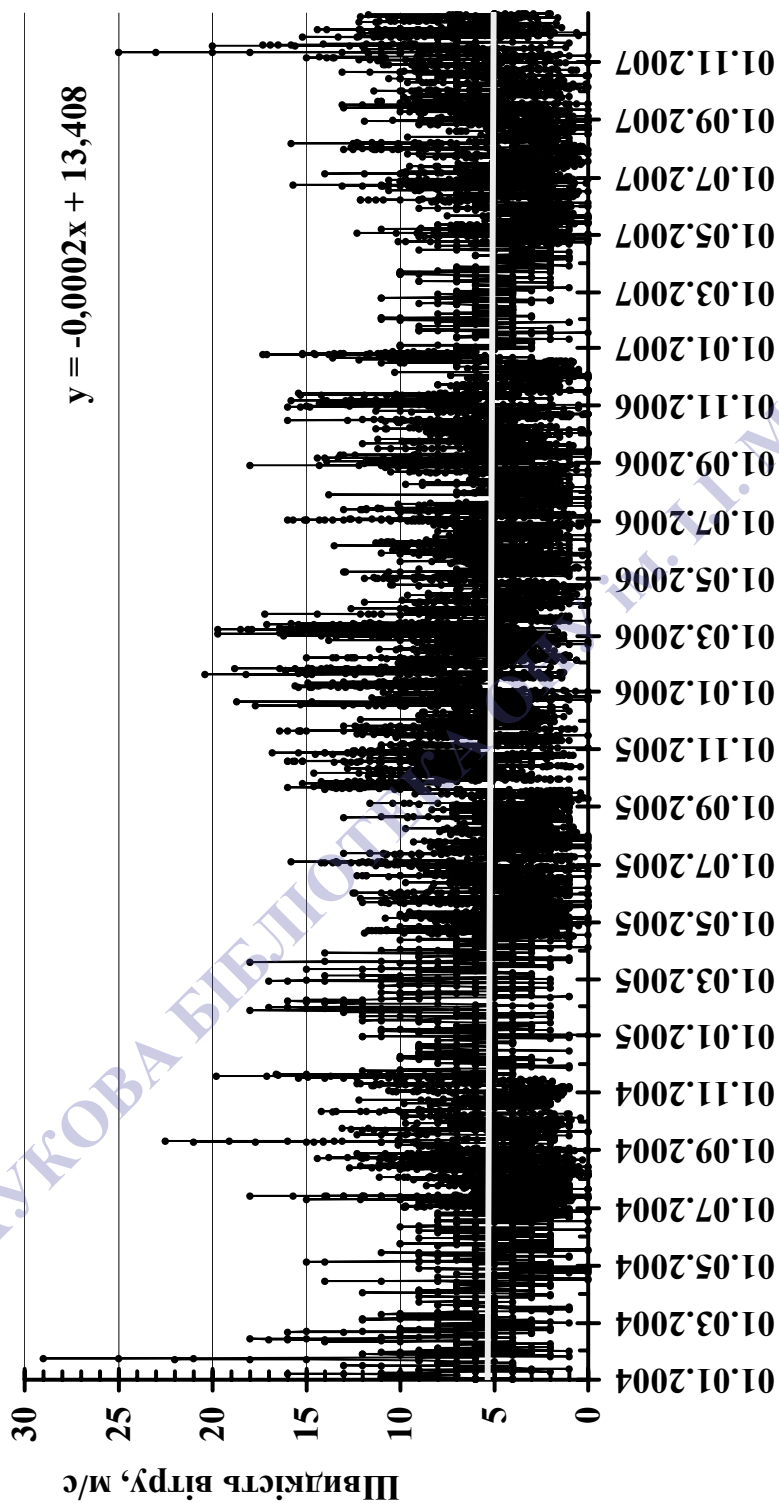


Рис. 4.36. Результати щоденних спостережень за швидкістю вітру (м/с) на о. Зміїному у 2004 – 2007 рр. на всіх точках спостережень (лінією позначений лінійний тренд)

Саме тому максимальні значення атмосферного тиску щорічно спостерігались в січні — березні.

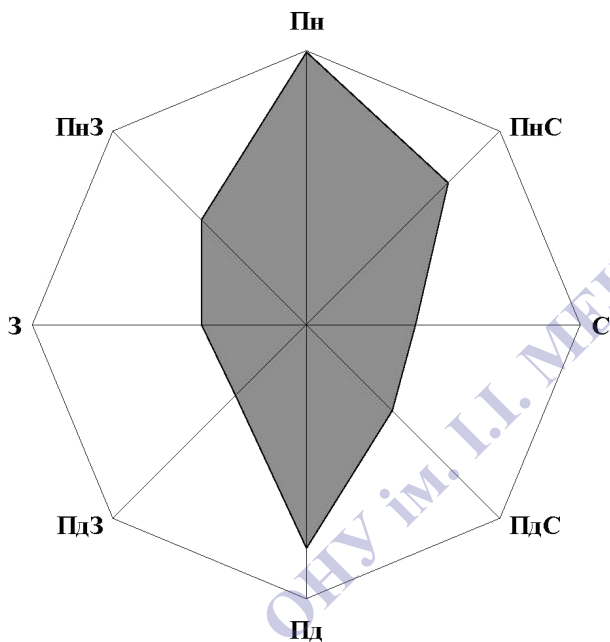


Рис. 4.4. Роза вітрів для району о. Зміїного у 2004–2007 рр.

Аналіз щоденних спостережень за швидкістю вітру на майданчику гідрометеорологічного посту з урахуванням спостережень на інших майданчиках ОНУ ім. І. І. Мечникова (рис. 4.3а і 4.3б відповідно) показав, що діапазон змін швидкостей вітру, які були офіційно зареєстровані в строки спостережень, складав від 0 м/с (штиль) до 29 м/с (ураганний вітер).

За всіма даними (рис. 4.3б) максимальні швидкості вітру спостерігались 23 січня 2004 р. (29 м/с), 19 січня 2006 р. (20,4 м/с) та 11 листопада 2007 р. (25 м/с). Всі ці випадки супроводжувались особливо небезпечними явищами на острові, такими, як зривання дахів з окремих будівель на острові та іншими руйнівними наслідками, в тому числі і руйнуванням берегової смуги. Найбільш небезпечним був останній ураган 11 листопада 2007 р., який завдав найбільш руйнівних наслідків за останні 4 роки.

За даними спостережень з січня 2004 р. до грудня 2007 р., на майданчику гідрометеорологічного посту (рис. 4.3а) був визначений тренд зменшення швидкості вітру за останні 4 роки, який складав 0,15 м/с на рік, а за усіма даними (рис. 4.3б) зменшення швидкості вітру було

майже в два рази нижче та складало біля 0,07 м/с на рік. Сезонний хід характеризувався підвищенням швидкості вітру восени та взимку, що визначалося загальними процесами атмосферної циркуляції в північній півкулі та регіоні.

Мінімальні значення швидкості вітру спостерігаються звичайно в червні — липні кожного року. При аналізі представлених на рис. 4.3а і 4.3б даних слід зауважити, що максимальні значення швидкості вітру, які реєструються гідрометеопостом Держгідромету, суттєво нижчі, ніж на інших точках спостережень. На нашу думку, це обумовлено орографічними особливостями обраного майданчика гідрометеорологічного посту, який дає занижені значення швидкості вітру у секторі західних, південно-західних і південних вітрів. Саме тому при останньому урагані, коли напрямок вітру був західний і перевищував 25 м/с (з поривами до 40 м/с), за даними спостережень на причальному комплексі, на майданчику гідрометеопосту фіксувалась швидкість вітру не більша за 11 м/с. Враховуючи той факт, що результати спостережень гідрометеопосту щоденно передаються до Гідрометцентру Чорного і Азовського морів та використовуються для прогнозування погодних умов в районі, прилеглому до дельти Дунаю, в якому спостерігається інтенсивний рух морських суден, кожна помилка у прогнозуванні вітрового режиму потенційно веде до створення аварійних ситуацій та знижує безпеку мореплавства в цьому регіоні. В зв'язку з цим Держгідромет України і Гідрометеоцентр Чорного і Азовського морів повинні терміново вирішити питання про репрезентативне вимірювання напрямку і швидкості вітру на острові. Розпочаті нами дослідження впливу орографії на вітровий режим в різних точках острова, результати яких детально проаналізовані в розділі 4.5, підтверджують складність і актуальність цієї задачі.

Додатково був проведений також аналіз повторюваності вітрів різних напрямків на о. Зміїному у 2004–2007 рр. (табл. 4.4). Він показав, що переважаючими напрямками вітру є північний — північно-східний і північно-західний — 47,6 % та південний — 17,1 % напрямки (рис. 4.4). Штильова погода спостерігалася дуже рідко — менш як 2 %. Повторюваність вітрів знаходиться у відносній відповідності із середніми значеннями за 1950–1961 і 1980–1989 рр., які наведено в роботі [13]. При цьому обраховані різниці по різних напрямках не перевищують 5 %, хоча слід відмітити, що за останні роки знизилася на 4,7 % східна та на 3,5 % — західна складова вітрів і на 3,1–3,3 % зросли північна, південно-східна та південна складові вітру.

Таблиця 4.4

Повторюваність вітрів різних напрямків (%) на о. Зміїному у 2004–2007 рр.

Період	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Штиль
1950–1961; 1980–1989	17,6	13,2	13,1	6,2	14,0	11,1	11,6	9,9	3,3
2004	18,6	10,0	8,8	9,7	20,7	9,2	7,7	13,7	1,5
2005	17,2	15,5	8,4	10,2	15,6	9,5	10,6	11,4	1,7
2006	21,3	15,1	7,8	8,9	17,2	6,1	8,2	13,0	2,4
2007	26,8	20,7	8,6	8,5	15,0	6,3	5,8	7,4	0,9
2004–2007	20,9	15,3	8,4	9,3	17,1	7,8	8,1	11,4	1,6
Різниця	+3,3	+2,1	-4,7	+3,1	+3,1	-2,3	-3,5	+1,5	-1,7

Найбільш інформативною характеристикою клімату регіону є температура повітря. На рис. 4.5 наведено результати щоденних спостережень за температурою повітря на о. Зміїному у 2004–2007 рр., за якими наочно визначено, що існує чіткий однозначно синусоїдальний сезонний хід температури повітря з максимумом влітку та мінімумом температури взимку. При цьому мінімальна температура за 2004–2007 рр. спостерігалася 23 січня 2006 р. і складала $-14,2$ °С, а максимальна, 32 °С — спостерігалася 22 липня 2007 р. Слід відмітити, що якщо у 2004 р. випадків досягнення температурою відмітки 30 °С не спостерігалось, то у 2005 р. перевищення 30 °С відмітки спостерігалось 1 раз (30 липня 2005 р.), а у 2007 р. температура вище 30 °С спостерігалася 7 разів на протязі липня–серпня 2007 р. Найбільш холодними місяцями на о. Зміїному були січень–лютий 2004 р. і січень–лютий 2006 р., на протязі яких 6 та 7 днів відповідно температура знижувалася нижче -5 °С. За 4 роки спостережень зафіксовано позитивний тренд підвищення температури, який склав біля 1 °С на рік, тобто середньорічна температура повітря на о. Зміїному підвищилася за період з 2004 до 2007 рр. приблизно на 4 °С. Цей факт суттєвого підвищення температури в окремому регіоні Чорного моря може свідчити як про зв'язок змін температурного режиму в регіоні острова з глобальним потеплінням клімату, так і про зміну закономірностей атмосферної циркуляції на регіональному рівні. Відсутність постійних спостережень на острові в минулі роки не дає змоги детально проаналізувати довгострокові зміни температури як одного з основних чинників клімату на острові. Але зміни температурного режиму острова в останні роки обов'язково вплинуть на функціонування біоценозів острова і прилеглої шельфу. Саме тому треба проводити цілеспрямовані біологічні дослідження, які дадуть змогу виявити вплив кліматичних змін на структуру біоценозів.

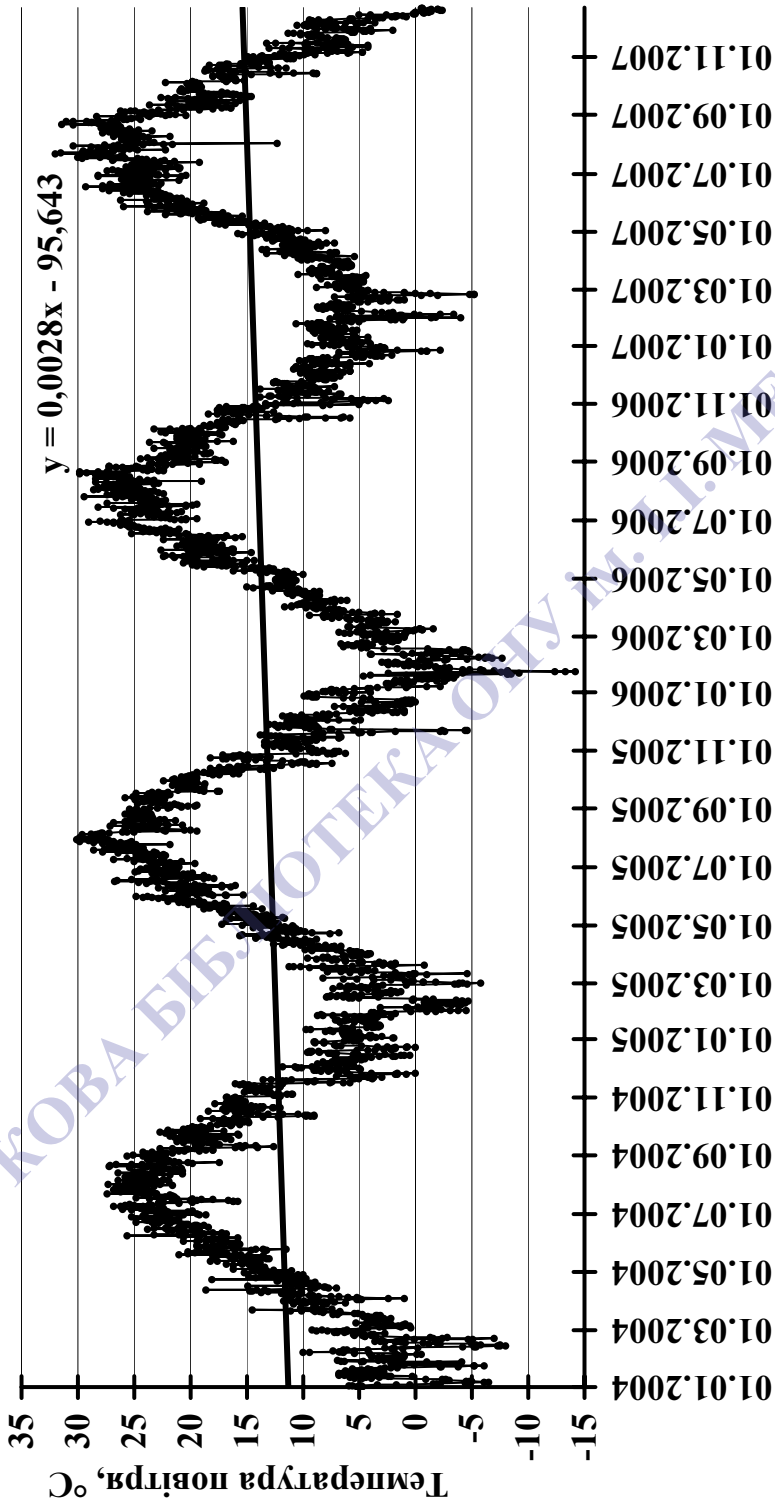


Рис. 4.5. Результати щоденних спостережень за температурою повітря (°C) на о. Зміїному у 2004–2007 рр.
(лінією позначений лінійний тренд)

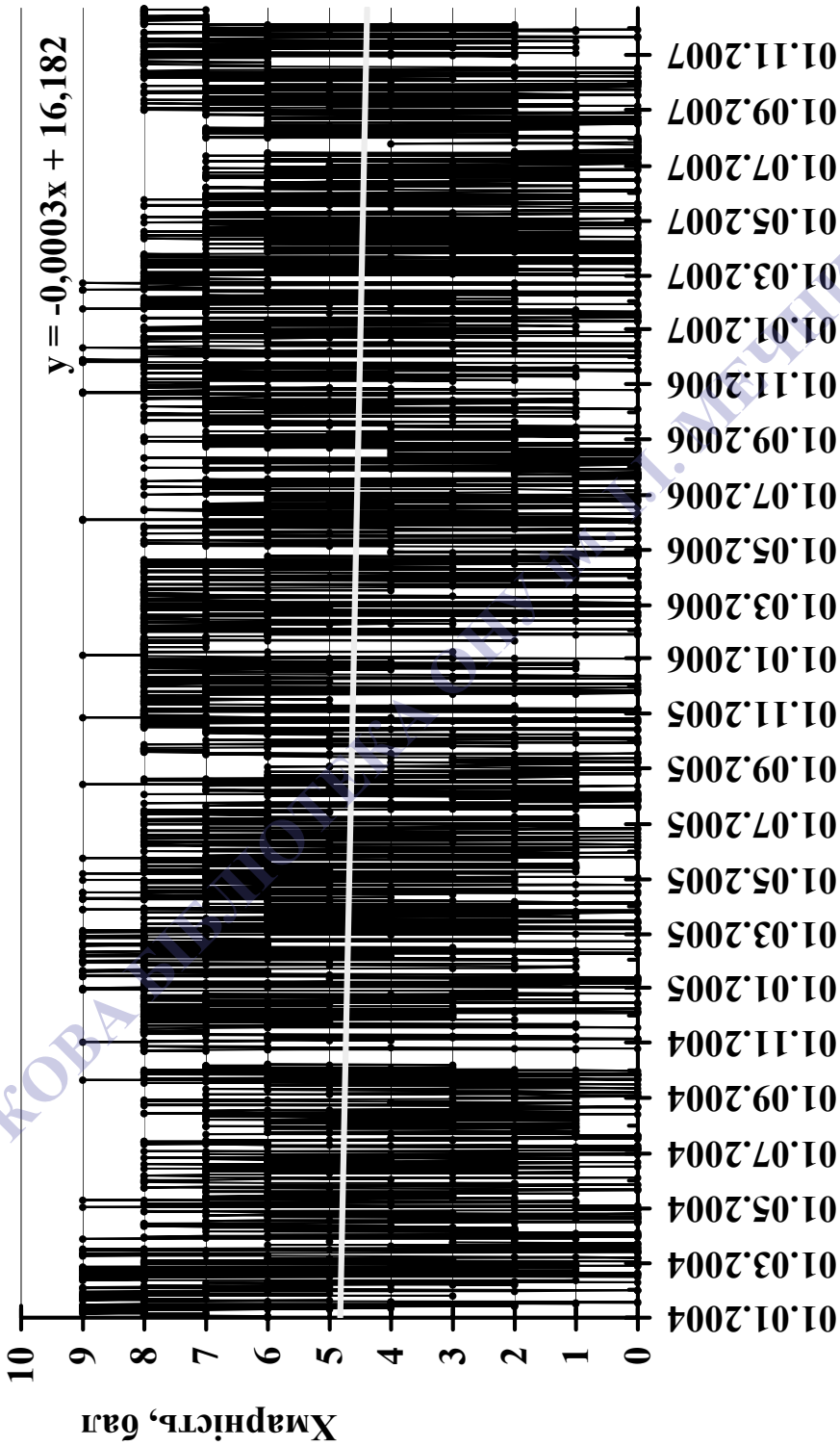


Рис. 4.6. Результати щоденних спостережень за хмарністю (бали) на о. Зміїному у 2004–2007 рр.
(лінією позначений лінійний тренд)

Наступним параметром, спостереження якого характеризують погодні умови на острові, є інтенсивність хмарності (рис. 4.6). Максимуми бальності хмарності спостерігалися щорічно у січні — березні кожного року, а мінімуми у липні — вересні. Район острова близько 50 % часу закритий хмарами. При цьому за 4 роки, з 2004 до 2007 рр., спостерігався тренд зменшення хмарності приблизно на 0,11 балів на рік, тобто за 4 роки інтенсивність хмарності зменшилася на 0,44 бала, що, на нашу думку, могло з'явитись однією з головних причин аномального підвищення середньорічної температури на острові за останні роки.

Ще одним з метеорологічних параметрів, який має важливе значення для створення умов проживання людей і функціонування біоценозу острова, є вологість повітря, результати спостережень за якою наведені на рис. 4.7. Середньорічна відносна вологість складала близько 75 %. Максимальні її значення біля 100 % спостерігалися звичайно взимку та повесні, а мінімальні — влітку та восени. Абсолютний мінімум відносної вологості (21 %) був зареєстрований 3 квітня 2004 р. Мінімуми відносної вологості спостерігалися також 11 березня 2005 р. (26 %), 28 січня 2006 р. (25 %) та 25 серпня 2007 р. (27 %). За 4 роки, з січня 2004 р. до грудня 2007 р., за результатами спостережень відмічався дуже слабкий тренд зменшення відносної вологості в межах 0,3 % на рік, тобто біля 1,2 % за чотири роки. Враховуючі похибку щоденних вимірювань, яка складала біля 1 %, можна зробити висновок, що середньорічне значення відносної вологості практично за 4 останні роки не зазнало змін.

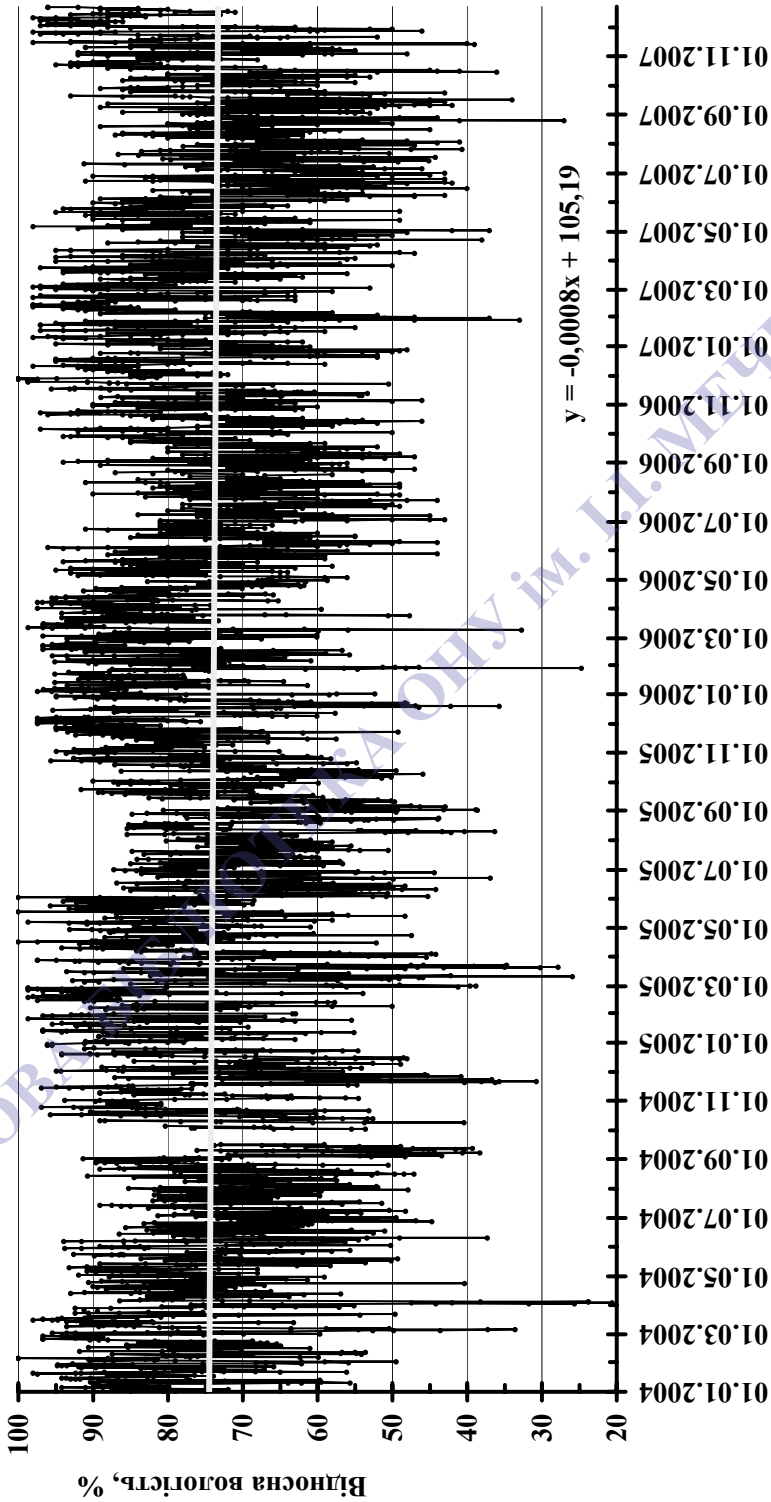


Рис. 4.7. Результати щоденних спостережень за відотною вологістю (%) атмосферного повітря на о. Зміїному у 2004—2007 рр. (лінією позначений лінійний тренд)

4.4. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СЕРЕДНЬОМІСЯЧНИХ ЗНАЧЕНЬ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ О. ЗМІЙНОГО ТА МЕТЕОСТАНЦІЇ УСТЬ-ДУНАЙСЬК

Для виявлення загальних рис та особливостей метеорологічного режиму регіону Чорного моря, який знаходиться між дельтою Дунаю та о. Зміїним, нами проведений порівняльний аналіз результатів спостережень, які проводилися на о. Зміїному та метеостанції Усть-Дунайськ у 2004–2007 рр. Середньомісячні данні щодо температури повітря, швидкості вітру, відносної вологості та сум опадів на станції Усть-Дунайськ були люб'язно надані нам Дунайською гідрометобсерваторією.

Нами проаналізовані часові розподіли середньомісячних значень метеорологічних параметрів по метеостанції Усть-Дунайськ та о. Зміїному, які вираховувались нами на основі даних, представлених на рис. 4.2–4.6.

Порівняння змін середньомісячних значень температури повітря по двох станціях (рис. 4.8), які розташовані на відстані біля 40 км, але в різних географічних умовах (порт Усть-Дунайськ — на узбережжі, а о. Зміїний — у відкритій частині моря), показали наступне:

– середньомісячні температури у 2004–2007 рр. на о. Зміїному і в районі порту Усть-Дунайськ змінювались у межах від -4°C до $+26^{\circ}\text{C}$ при середньорічних значеннях від $+11$ до $+15^{\circ}\text{C}$. При цьому зміни середньомісячних температур на обох станціях проходять практично синхронно (коефіцієнт кореляції складав 0,99).

– Середньомісячна температура повітря на о. Зміїному, як правило, була на $1-4^{\circ}\text{C}$ вище, ніж в районі порту Усть-Дунайськ. При цьому слід відмітити, що абсолютне значення цієї різниці (до 4°C) відмічено восени та взимку, а мінімальне — навесні та влітку. Це можна пояснити ефектом теплової пам'яті морських вод Чорного моря, які накопичують тепло влітку, а потім поступово віддають його в атмосферу восени та взимку.

– На обох станціях спостерігалось синхронне підвищення температури з приблизно однаковим позитивним трендом: від $0,82^{\circ}\text{C}$ на метеостанції “Усть-Дунайськ” до $0,95^{\circ}\text{C}$ на рік на станції “Острів Зміїний”, тобто за останні 4 роки підвищення температури склало від $3,3$ до $3,8^{\circ}\text{C}$ на метеостанції “Усть-Дунайськ” і о. Зміїному відповідно. Отже, на обох станціях, які знаходяться на відстані біля 40 км, в останні 4 роки спостерігаються однакові середньострокові тенденції змін температури. Цей факт може свідчити про те, що також і довгострокові

зміни температури на станціях, які знаходяться в одному регіоні, будуть проходити синхронно.

– Середньорічні значення температури повітря на о. Зміїному були на 1–1,5 °С вищими ніж на метеостанції “Усть-Дунайськ”. Тобто величина цієї різниці може використовуватися як мінімальна похибка при аналізі змін температури за історичними даними різних станцій в досліджуваному регіоні.

Порівняння змін середньомісячних значень швидкості вітру (рис. 4.9) по двох станціях, які розташовані на відстані біля 40 км, але в різних географічних умовах (порт Усть-Дунайськ — на узбережжі, а о. Зміїний — у відкритій частині моря), показали наступне:

– Середньомісячні значення швидкості вітру на досліджуваних станціях змінювались від 3,4 до 8,2 м/с.

– У 2004–2005 рр. швидкості вітру на о. Зміїному, як правило, були суттєво вищими ніж в районі порту Усть-Дунайськ, але у 2006–2007 рр. ця різниця практично зникає, і зміни швидкості вітру проходять практично синхронно.

– Коефіцієнт кореляції між двома рядами 4-річних даних склав 0,76. Це свідчить про єдину природу атмосферних процесів, які формують вітровий режим у регіоні.

– На обох станціях спостерігалися зміни: на станції “Острів Зміїний” тренд зменшення швидкості вітру за останні 4 роки (0,13 м/с на рік), а на метеостанції “Усть-Дунайськ” спостерігався позитивний тренд підвищення швидкості вітру приблизно з таким же значенням (біля 0,13 м/с на рік). Тобто на о. Зміїному за 4 останні роки середня швидкість вітру зменшилась на 0,5 м/с, а в районі порту Усть-Дунайськ середня швидкість вітру зросла приблизно на таку саму величину. Цей факт може свідчити про зсув центрів баричного поля, яке впливає на формування вітрового режиму в цьому регіоні.

Аналіз часового розподілу середньомісячних значень відносної вологості по двох станціях (рис. 4.10), показав наступне:

– Середньомісячні значення відносної вологості у 2004–2007 рр. на о. Зміїному і в районі порту Усть-Дунайськ змінювались в межах від 58 до 86 %, при середньорічних значеннях 74 та 74–77 % відповідно.

– Синхронність змін досліджуваного параметра була достатньо високою (коефіцієнт кореляції склав 0,72). При цьому, як видно з даних, представлених на рис. 4.9, більша синхронність спостерігалася в 2005–2007 рр.

– Середньорічні значення відносної вологості, як правило, були вищими в районі порту Усть-Дунайськ, що є цікавим фактом, який потребує додаткових досліджень. Слід відмітити, що найбільша різниця у значеннях відносної вологості відмічалася влітку 2004 та 2005 рр., при цьому значення відносної вологості на о. Зміїному були суттєво (на 20–30 %) нижчими, ніж в районі порту Усть-Дунайськ, тобто ефект континентальності був більш характерним для острова, ніж для берегової станції. Для пояснення цього факту потрібно провести більш детальні дослідження, як на острові, так і в прибережних районах Чорного моря поблизу дельти Дунаю.

– На обох станціях спостережень відзначалися синхронні підвищення відносної вологості взимку та зниження влітку. Тренду змін відносної вологості за даними по о. Зміїному не виявлено. В той же час спостерігається тренд зменшення відносної вологості (приблизно 0,8 % на рік) в районі метеостанції “Усть-Дунайськ”, тобто за 4 роки відносна вологість повітря зменшилась приблизно на 3 %.

Порівняння змін середньомісячних значень сум атмосферних опадів по двох станціях (рис. 4.11), які розташовані в різних географічних умовах (порт Усть-Дунайськ — на узбережжі, а о. Зміїний — у відкритій частині моря), показали наступне:

– Середньомісячні суми атмосферних опадів у 2004–2007 рр. на о. Зміїному і в районі порту Усть-Дунайськ змінювались у межах від 0 до 110 мм/місяць при середньорічних значеннях від 288 до 380 мм/рік відповідно. Зміни середньомісячних сум атмосферних опадів на обох станціях проходять доволі синхронно (коефіцієнт кореляції склав 0,76).

– Як правило, середньомісячні суми атмосферних опадів на о. Зміїному були на 10–15 мм/місяць нижчими, ніж в районі порту Усть-Дунайськ. Можливими причинами такої різниці є різний рівень відбору зразків дощової води на двох станціях та відсутність спостережень за атмосферними опадами на о. Зміїному в зимовий період, коли температура повітря була нижча 0 °С.

– На обох станціях спостережень у 2004–2007 рр. відмічалася синхронне зниження середньомісячних сум атмосферних опадів: на 3,7 мм/рік на метеостанції “Усть-Дунайськ” та 1,1 мм/рік на о. Зміїному. Тобто за останні 4 роки зменшення сум атмосферних опадів склало від 4,4 до 14,8 мм на о. Зміїному і в районі порту Усть-Дунайськ відповідно. Таким чином можна стверджувати, що за даними спостережень за атмосферними опадами клімат стає сушішим. При цьому слід виділи-

ти весняно-літній період 2007 р., коли на обох станціях спостерігалися незвичайно малі суми атмосферних опадів.

На закінчення цього розділу можна зробити висновок про те, що за всіма даними метеорологічних спостережень на о. Зміїному і на метеостанції “Усть-Дунайськ” у 2004–2007 рр. визначено значні синхронні зміни кліматичних характеристик, що свідчить про прискорення процесу потепління в досліджуваному регіоні.

4.5. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ ОРОГРАФІЇ ОСТРОВА НА ЯКІСТЬ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА ВІТРОВИМ РЕЖИМОМ

Як було зазначено вище, місце розташування гідрометеопосту Держгідромету у північній частині острова, на якому проводяться спостереження за напрямком і швидкістю вітру, не є репрезентативним. Саме тому нами проведено додаткове дослідження порівняння результатів спостережень в різних точках острова для того, щоб визначити найбільш сприятливий режим організації спостережень за напрямком і швидкістю вітру на о. Зміїному. Априорі лише верхівка маяка може бути використана для вимірювань напрямку і швидкості вітру — для виключення впливів будівель і орографії острова. Але враховуючи існуюче місце розташування майданчика метеорологічних спостережень Держгідромету, ми провели аналіз можливих похибок при використанні даних спостережень, які проводяться на цьому майданчику.

Для порівняння та розрахунків можливих відхилень від реальних параметрів вітрового режиму використовувалися дані з усіх майданчиків спостережень, які представлені на рис. 4.1.

По-перше, нами були розраховані коефіцієнти кореляції між результатами спостережень за швидкістю та напрямком вітру, які проводились на гідрометеорологічному посту і інших майданчиках (табл. 4.5), та статистичні параметри при різних напрямках вітру (табл. 4.6).

Аналіз наведених в табл. 4. 5 даних показав, що для параметра “швидкість вітру” для вітрів усіх напрямків відзначаються доволі високі коефіцієнти кореляції $\geq 0,8$. Але коефіцієнти кореляції між рядами такого параметра як “напрямок вітру” суттєво нижча і знаходяться в межах 0,48–0,54, що свідчить про великий вплив особливостей місця розташування майданчиків спостережень.

Таблиця 4.5

Коефіцієнти кореляції між швидкістю та напрямком вітру на гідрометеорологічному посту і майданчиках ОНУ ім. І. І. Мечникова на о. Зміїному у 2004–2005 рр.

Метеомайданчик	Швидкість вітру				Напрямок вітру			
	Метео1	Метео2	Метео3	Метео4	Метео1	Метео2	Метео3	Метео4
Для вітрів усіх напрямків								
Коефіцієнт кореляції	0,82	0,84	0,80	0,81	0,54	0,56	0,48	0,49
Кількість значень	524	518	269	269	518	512	265	267
Для вітрів ПнЗ-Пн-ПнС								
Коефіцієнт кореляції	0,89	0,92	0,81	0,89	0,37	0,39	0,26	0,29
Кількість значень	317	312	171	174	314	309	171	173
Для вітрів ПнС-С-ПдС								
Коефіцієнт кореляції	0,81	0,86	0,87	0,88	0,76	0,74	0,77	0,72
Кількість значень	278	278	138	136	276	276	137	136
Для вітрів ПдС-Пд-ПдЗ								
Коефіцієнт кореляції	0,77	0,62	0,80	0,64	0,30	0,36	0,01	0,19
Кількість значень	305	305	159	157	303	300	156	155
Для вітрів ПдЗ-З-ПнЗ								
Коефіцієнт кореляції	0,82	0,87	0,69	0,89	0,82	0,78	0,86	0,82
Кількість значень	266	265	146	144	264	263	146	145

Якщо кореляційні зв'язки вираховувати по секторах напрямків вітру, то з'являється дещо інша картина. Коефіцієнти кореляції нижчі, ніж 0,3–0,4, спостерігаються для напрямків вітру північних, північно-західних, північно-східних та південних, південно-східних і південно-західних напрямків.

Тісні кореляційні зв'язки спостерігалися для східних, північно-східних, південно-східних та західних, південно-західних і північно-західних напрямків. При цьому коефіцієнти кореляції були в межах 0,72–0,86.

Найбільш високі коефіцієнти кореляції спостерігалися для рядів даних гідрометеорологічного посту та майданчиків Метео1 і Метео2 (до 0,92). При цьому коефіцієнт кореляції з вимірами на Метео1 стабільно вищий 0,81, крім напрямку ПдС-Пд-ПдЗ. Для напрямку ПдС-Пд-ПдЗ коефіцієнт кореляції нижче і не перевищує 0,8.

Таким чином, представляється найбільш виправданим використання спостережень за швидкістю і напрямком вітру на гідрометеорологічному посту в 5 секторах Пн-ПнС-С-ПдС-Пд. Для 3 секторів ПдЗ-З-ПнЗ рекомендується вносити поправки на підставі вимірів на майданчиках Метео1 і Метео2.

Таблиця 4.6

**Статистичні параметри по різних напрямках вітру на о. Зміїному
у 2004 — 2005 рр.**

Параметр	Точка спостережень	Північ	Схід	Південь	Захід	Штиль	Середні за усіма напрямками	Розмір коригування результатів
Повторюваність, %	Метеопост	34,1	17,1	29,9	17,3	1,6		
	Метео1	34,2	23,5	24,7	16,7	0,9		
	Метео2	34,2	25,2	22,9	16,6	1,0		
	Метео3	31,3	13,9	27,5	25,4	1,9		
	Метео4	32,4	17,4	24,6	24,3	1,3		
Середня швидкість вітру, м/с	Метеопост	6,1	4,7	4,3	4,1		4,9	+13%
	Метео1	6,0	4,7	5,2	5,2		5,3	+5%
	Метео2	6,6	4,7	3,4	4,8		5,1	+9%
	Метео3	4,4	5,0	4,6	3,7		4,2	+32%
	Метео4	5,1	4,7	3,3	3,8		4,2	+32%
Дисперсія швидкості вітру, м/с	Метеопост	10,2	7,0	5,4	7,3		8,7	
	Метео1	11,5	9,0	8,6	10,8		10,5	
	Метео2	13,7	8,6	2,8	10,1		11,1	
	Метео3	5,3	5,2	5,3	5,3		5,7	
	Метео4	7,0	5,2	3,7	6,4		6,7	

Проведений аналіз статистичних даних середніх швидкостей вітру за 4 основними напрямками вітру при середніх швидкостях до 7 м/с (табл. 4.6) показав, що при північних вітрах похибка вимірювань напрямку вітру на гідрометеорологічному посту складає не більш як 8 %, при східних вітрах — біля 6 %, при південних вітрах — 21 % і при західних вітрах — біля 27 %.

За результатами статистичної обробки середніх швидкостей вітру на всіх майданчиках вимірювань у 2004–2005 рр. виявилось, що враховуючи існуючі орографічні особливості кожного майданчика спостережень, середні за весь період вимірювань значення швидкості вітру занижені: на гідрометеопосту — на 13 %, на майданчику “Метео1” — на 5 %, на майданчику “Метео2” — на 9 %, і на майданчиках “Метео3” та “Метео4” — на 32 %. При цьому найбільш вірогідна середня швидкість вітру на о. Зміїному за період оцінена нами значенням 5,6 м/с замість 4,9 м/с, яку наведено в табл. 4.6. На нашу думку, цей висновок дійсний тільки для невеликих швидкостей вітру. При зростанні швидкостей вітру, враховуючи нелінійний характер впливу орографічних перешкод і будівель на формування

поля вітру, похибка у вимірюванні напрямку і швидкості вітру відносно істинної буде зростати. Прикладом слушності цієї думки може бути фактична ситуація з результатами вимірювань напрямку та швидкості вітру, яка склалась під час урагану 11 листопада 2007 р. В той час, як на причалі і на майданчику “Метео1” реальні спостереження показали швидкості вітру 25 і 23 м/с відповідно, на гідрометеорологічному посту в той же час було отримано значення швидкості вітру біля 11 м/с. При цьому напрямок вітру на причалі та на майданчику “Метео1” був однаковий (310–320°), а на гідрометеорологічному посту — 25°. В даному випадку похибка щодо швидкості вітру складала більш як 100 %, а по напрямку вітру 65–75°.

Маючи на увазі той факт, що дані щодо напрямку і швидкості вітру використовуються центрами прогнозування погоди задля побудови синоптичних карт району о. Зміїного, необхідно вирішити проблему отримання достовірної інформації про напрямок і швидкість вітру, тому що існуюча не дає об’єктивної інформації, яка б характеризувала весь прилеглий район Чорного моря.

4.6. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЛЬЄФУ ОСТРОВА НА ВІТРОВІ ПОЛЯ

В рамках проекту 6.04.02 “Розробка екологічно безпечної автономної системи енергозабезпечення інфраструктури о. Зміїний”, який фінансувався Міністерством освіти і науки у 2004–2005 рр., нами було проведено дослідження впливу рельєфу острова на вітровий режим, в результаті якого були сформульовані практичні рекомендації щодо розташування вітроенергетичних установок на острові.

З метою виявлення впливу на швидкість і напрямок вітру орографічних особливостей острова (рельєфу та будівель і споруджень), тричі — 7.07.2004 р., 10.07.2004 р. і 25.07.2005 р. — проводилася зйомка приземних вітрових полів. При проведенні зйомок вибирались часи доби з найбільш стабільним вітровим потоком. Крім того, зйомка виконувалася при найбільш характерних для острова напрямках вітру:

— 7.07.2004 р. — північно-північно-східний напрямок (швидкість вітру у приводному шарі атмосфери ~ 6 м/с);

— 10.07.2004 р. — південно-південно-західний напрямок (швидкість вітру у приводному шарі атмосфери ~ 8–10 м/с).

— 25.07.2005 р. — південно-південно-західний напрямок (швидкість вітру у приводному шарі атмосфери ~ 6–8 м/с).

За результатами зйомки були побудовані карти вітрових потоків на острові (рис. 4.12–4.14), за якими визначені місця з відносно стабільними вітровими потоками (1), а також місця, в яких в силу орографічних особливостей (рельєф та розміщення будинків) можливе ослаблення вітру (0). Отримана інформація дозволяє рекомендувати місця для розміщення вітрових енергетичних установок та інших об'єктів, якщо вони мають підвищені вимоги до вітрового режиму.

В період кожної із зйомок на протязі 20–30 хвилин проводилися вимірювання швидкості і напрямку вітру в 60–100 точка острова, за результатами яких і були побудовані вітрові поля. Аналіз даних просторового розподілу напрямків і швидкостей вітру 7 та 25 липня 2004 р., представлених на рис. 4.12 і 4.14, показав, що при вітрах північно-східного, північного та північно-західного сектора найбільш високі швидкості вітру спостерігались в північній, північно-східній, північно-західній та південно-східній частинах острова (на відстанях від 0 до 50 м від берегової смуги).

При цьому в береговій смузі острова, на яку був спрямований вітровий потік, швидкості вітру зростали внаслідок орографічних особливостей побудови берегів на 20–30% відносно швидкості вітру основного потоку повітря.

Аналогічна картина розподілу вітрового поля спостерігалася також і 10 липня 2007 р., коли сформувався стабільний вітровий потік південного напрямку. Найбільш високими були швидкості вітру в частинах острова, які першими зустрічали вітровий потік (західна, південна, східна частини острова). При цьому зростання швидкості вітру у південно-східній частині острова, яка має найбільш круті схили, було на 100–120 % вище, ніж швидкість основного потоку.

Враховуючі геологічну будову острова, в тих його частинах, які першими зустрічали основний вітровий потік, внаслідок особливостей рельєфу берегової смуги у всіх випадках відмічалася зростання швидкостей вітру, тобто такі місця на острові можуть використовуватися для розміщення невеличких вітрових енергоустановок. При цьому слід відмітити, що центральна частина острова не може бути рекомендована для розміщення вітрових енергоустановок тому, що в центральній частині при дослідженнях спостерігалася зменшення швидкостей вітру. Враховуючи той факт, що практично вся прибережна зона острова, де можуть бути розміщені вітрові енергетичні установки, віднесена до основних зон загальнодержавного загальнозоологічного заказника “Острів Зміїний”, можна зробити висновок про те, що за результатами

проведених досліджень не можна рекомендувати розміщення вітрових енергоустановок на території острова.

Саме тому найбільш сприятливою може бути рекомендація розташування вітрової енергоустановки на виносному молі на відстані біля 500 м від острова, тобто за межами загальнодержавного заказника.

Якщо мати на увазі, що біля 50 % часу на острові спостерігаються вітри північного, північно-західного і північно-східного напрямків, то частина острова, яка знаходиться південніше та південно-західніше маячного комплексу, є найбільш захищеною на протязі року від вітрів та може бути рекомендована для розміщення обладнання типу телескопу для польової астрономічної обсерваторії, окремих об'єктів соціальної сфери, таких, як філія ботанічного саду, зимовий сад, дитячий майданчик, рекреаційний комплекс та ін.

4.7. ДОСЛІДЖЕННЯ РАДІАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АТМОСФЕРИ НАД О. ЗМІЊНИМ

Одним з найбільш важливих кліматоутворюючих факторів та джерелом теплової енергії для всіх природних процесів є сонячна радіація [5]. Крім того, сонячна радіація може бути альтернативним джерелом електричної енергії на острові, тому що енергетична проблема на острові є найбільш гострою для подальшого розвитку його інфраструктури.

В рамках наукового проекту 6.04.02 “Розробка екологічно безпечної автономної системи енергозабезпечення інфраструктури острова Зміїний”, який фінансувався Міністерством освіти і науки у 2004–2005 рр., науковцями університету було виконано дослідження радіаційних характеристик атмосфери над о. Зміїним, результати яких наведено в табл. 4.7. Щоденні значення прямої радіації, які вимірювалися на острові в 12.30 за місцевим часом, змінювалися на протязі року від 0,05 до 1,1 кВт/м² до при середньорічному значенні 0,4–0,5 кВт/м². На протязі 2004–2006 рр. були проведені щоденні спостереження за сумарною, прямою, розсіяною та відбитою радіацією. Найбільш цікавим для сонячної енергетики параметром є сумарна радіація, максимальні середньомісячні значення якої спостерігалися в червні 2005 і квітні 2006 р. і складали 0,70 та 0,87 кВт/м² відповідно. Середньомісячні значення прямої сонячної радіації на протязі року коливалися від 0,14–0,16 кВт/м² взимку (листопад — січень) до 0,55–0,73 кВт/м² (квітень — липень). Мінімальне значення розсіяної сонячної радіації

Таблиця 4.7

Середньомісячні значення параметрів сонячної радіації на о. Зміїному у період 1.07.2004 — 30.04.2006 рр.

Мі- сяць	Рік	Пряма радіація, кВт/м ²					Розсіяна радіація, кВт/м ²					Сумарна радіація, кВт/м ²					Відбита радіація, кВт/м ²				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
		7	2004	0,58	0,07	0,00	0,73	0,19	0,13	0,02	0,07	0,30	0,06	0,71	0,05	0,22	0,81	0,15	0,11	0,01	0,04
8	2004	0,46	0,09	0,04	0,68	0,23	0,12	0,02	0,05	0,26	0,05	0,57	0,08	0,17	0,74	0,20	0,09	0,01	0,02	0,12	0,03
9	2004	0,44	0,06	0,01	0,65	0,17	0,17	0,05	0,05	0,70	0,13	0,61	0,04	0,25	0,93	0,12	0,09	0,01	0,03	0,16	0,03
10	2004	0,26	0,06	0,01	0,53	0,17	0,16	0,04	0,05	0,59	0,11	0,43	0,07	0,07	0,98	0,20	0,07	0,01	0,01	0,16	0,04
11	2004	0,25	0,07	0,01	0,58	0,16	0,08	0,02	0,04	0,17	0,04	0,33	0,08	0,06	0,64	0,16	0,07	0,02	0,01	0,13	0,03
4	2005	0,50	0,11	0,06	0,67	0,20	0,18	0,05	0,10	0,36	0,08	0,68	0,09	0,18	0,78	0,17	0,12	0,02	0,03	0,17	0,03
5	2005	0,48	0,10	0,01	0,74	0,27	0,15	0,03	0,06	0,33	0,08	0,63	0,08	0,10	0,86	0,23	0,11	0,01	0,02	0,18	0,04
6	2005	0,55	0,08	0,00	0,76	0,23	0,15	0,03	0,06	0,38	0,08	0,70	0,07	0,13	0,82	0,19	0,11	0,01	0,03	0,18	0,03
7	2005	0,55	0,05	0,00	0,69	0,13	0,15	0,03	0,08	0,36	0,07	0,68	0,05	0,15	0,80	0,13	0,09	0,01	0,02	0,12	0,02
8	2005	0,45	0,07	0,02	0,67	0,19	0,15	0,02	0,07	0,25	0,04	0,60	0,06	0,12	0,75	0,17	0,09	0,01	0,02	0,19	0,04
9	2005	0,44	0,06	0,06	0,59	0,15	0,14	0,03	0,05	0,29	0,08	0,58	0,05	0,29	0,72	0,11	0,07	0,01	0,01	0,11	0,03
10	2005	0,27	0,08	0,02	0,66	0,21	0,17	0,03	0,07	0,46	0,09	0,43	0,08	0,10	0,81	0,22	0,07	0,01	0,01	0,21	0,04
11	2005	0,15	0,06	0,01	0,60	0,16	0,10	0,02	0,01	0,28	0,06	0,25	0,07	0,02	0,74	0,20	0,05	0,02	0,00	0,16	0,04
12	2005	0,16	0,05	0,01	0,41	0,13	0,08	0,01	0,02	0,20	0,04	0,24	0,06	0,03	0,51	0,16	0,05	0,01	0,01	0,10	0,03
1	2006	0,14	0,06	0,01	0,54	0,17	0,06	0,02	0,01	0,21	0,04	0,20	0,08	0,02	0,76	0,20	0,03	0,01	0,00	0,10	0,03
2	2006	0,25	0,09	0,02	0,70	0,23	0,12	0,02	0,03	0,24	0,05	0,37	0,09	0,06	0,85	0,25	0,06	0,02	0,01	0,15	0,05
3	2006	0,42	0,12	0,02	0,96	0,32	0,17	0,04	0,06	0,64	0,11	0,59	0,12	0,08	1,11	0,33	0,09	0,02	0,01	0,18	0,05
4	2006	0,73	0,15	0,07	0,98	0,32	0,27	0,07	0,13	0,63	0,14	0,87	0,16	0,21	1,13	0,36	0,08	0,01	0,02	0,11	0,03

Умовні позначки: 1 — середнє арифметичне; 2 — довірчий інтервал для 95 % імовірності; 3 — мінімальне значення; 4 — максимальне значення; 5 — середньоквадратичне відхилення.

(0,08 кВт/м²) спостерігалось у грудні, а максимальні (0,18–0,27 кВт/м²) у квітні. Сезонний хід середньомісячних значень відбитої радіації практично повторював хід прямої радіації з максимумом у квітні—червні та мінімумами у листопаді—січні.

Відомо [2], що потенціал сонячної енергії в Україні є достатньо високим для широкого впровадження як теплоенергетичного, так і фотоенергетичного обладнання в усіх галузях. При цьому середньорічна кількість сумарної сонячної радіації на 1 м² поверхні на території України знаходиться в межах від 1070 кВт*год/м² в північній частині України до 1400 кВт*год/м² в АР Крим.

По результатах проведених нами спостережень були розраховані потенційні запаси сонячної енергії на о. Зміїному, які можна використовувати для отримання електричної та теплової енергії (табл. 4.8). Результати аналізу отриманих даних показують, що потенціал сонячної енергії по о. Зміїному доволі близький до даних багаторічних спостережень метеостанцій Болград і Одеса і складає щорічно біля 1340 кВт-годин/м². Тобто, якщо коефіцієнт корисної дії сонячних батарей буде близький до 10 %, то з кожного квадратного метра генеруючої поверхні можна буде отримувати близько 134 квт-годин електричної енергії на рік.

Таблиця 4.8

Результати розрахунків доступного потенціалу сонячної енергії на о. Зміїному

Місяць	Сумарна радіація, кВт-місяць/м ²		
	Одеса [15]	Болград [15]	о. Зміїний
1	29,7	33,8	28,4
2	44,1	47,7	48,5
3	86,1	88,6	89,3
4	133,3	120,5	148,2
5	179,7	163,6	179,6
6	194,1	175,5	199,0
7	199,4	186,6	195,3
8	171,1	164,2	168,9
9	123,9	122,7	125,3
10	75,0	80,2	80,7
11	31,3	34,4	47,6
12	23,3	25,5	26,2
Всього за рік	1291,4	1243,3	1337,0

Саме тому, на основі отриманих нами результатів [11], спільно з науковцями Київського національного університету будівництва і архітектури були розроблені наукові рекомендації щодо ефективного ви-

користання сонячної енергетики для забезпечення існуючих потреб в електроенергії о. Зміїного. У 2006–2007 рр. на острові було змонтовано і здано в експлуатацію першу сонячну енергетичну установку, яка практично повністю забезпечує потреби маяка в електроенергії.

4.8. ДОВГОСТРОКОВІ КЛІМАТИЧНІ ЗМІНИ В РАЙОНІ ЧОРНОГО МОРЯ БІЛЯ О. ЗМІЙНОГО

Як було вже показано в розділах 4.3 і 4.4, більшість метеорологічних параметрів у 2004–2007 рр. мали добре виражений сезонний хід і достовірні тренди за 4-річний період спостережень, які підтвержені нами також порівняльним аналізом за цей же період часу з даними найближчої метеорологічної станції “Усть-Дунайськ”.

Відсутність детальних історичних даних метеорологічних спостережень за минулі роки не дає нам змоги детально проаналізувати, яким чином проходили довгострокові зміни клімату безпосередньо на острові в останні десятиріччя. Тому, використовуючи існуючі літературні дані про середні значення того чи іншого параметра в минулі роки, які були отримані на найближчих метеорологічних станціях досліджуваного регіону, зроблено спробу оцінити довгострокові зміни клімату району Чорного моря, в який входять метеостанції Усть-Дунайськ, Суліна, Констанца та о. Зміїний [5, 13,18].

4.8.1. Швидкість вітру

За наявними історичними [13] та нашими даними (наведеними в розділі 4.3) в районі о. Зміїного протягом року переважають вітри північного та південного секторів.

Для вивчення динаміки змін вітрового режиму досліджуваного району було зібрано (табл. 4.8) та проаналізовано не тільки історичні дані по о. Зміїному [1, 16], але також і дані про середньорічні швидкості вітру (м/с) метеостанцій Усть-Дунайськ (1984–2007 рр.), Суліна (1881–1940 рр.) і Констанца (1885–1942 рр.), тобто з найближчих станцій, які розташовані на узбережжі Чорного моря [18].

Аналіз довгострокової динаміки змін швидкості вітру за останні 57 років показав, що у західній частині Чорного моря (район о. Зміїного — порти Усть-Дунайськ, Суліна, Констанца) спостерігається зменшення середньорічної швидкості вітру з трендом біля 0,031 м/с на рік. Тобто за

останні 50 років середньорічна швидкість вітру в досліджуваному регіоні зменшилася приблизно на 1,5 м/с, що складає біля 30 % від сучасних значень середньорічної швидкості вітру в районі о. Зміїного.

Таблиця 4.8

Середньорічні швидкості вітру (м/с) на о. Зміїному та найближчих метеорологічних станціях західної частини Чорного моря

Станція спостережень	Середня швидкість вітру, м/с	Роки спостережень	Джерело
о. Зміїний	6,2	1950–1961 та 1980–1989	[13]
о. Зміїний	6,7	1951–1960	[18]
Суліна	7,4	1971–1980	[5]
Констанца	5,0	1971–1980	[5]
о. Зміїний	5,7	1980–1989	Наші розрахунки за даними [13, 18]
Усть-Дунайськ	5,8	1984–1990	Див. розділ 4.4
Усть-Дунайськ	5,3	1991–2000	Див. розділ 4.4
Усть-Дунайськ	5,0	2001–2007	Див. розділ 4.4
о. Зміїний	5,4	2004–2007	Див. розділ 4.3

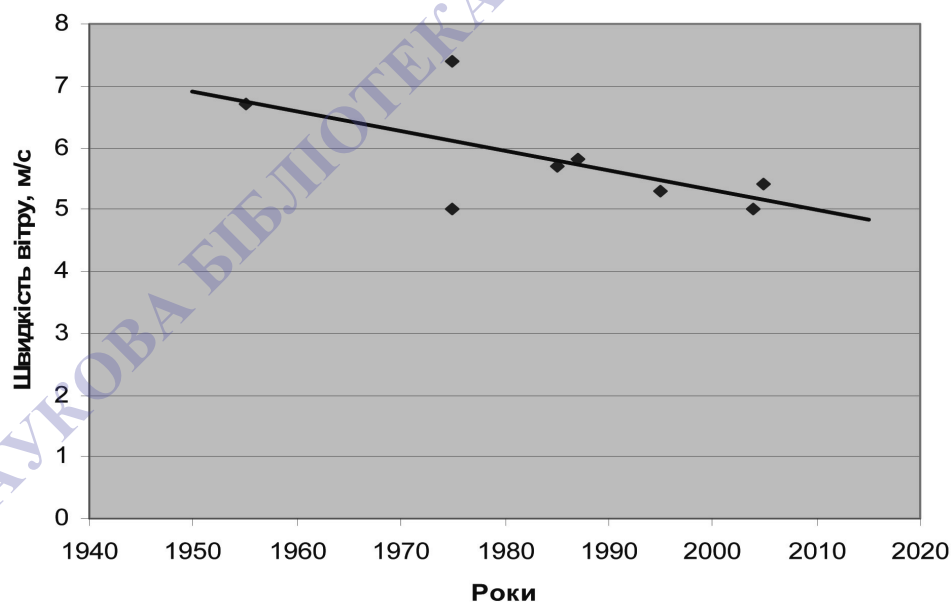


Рис. 4.15. Динаміка змін швидкості вітру у західній частині Чорного моря (район о. Зміїного — порти Усть-Дунайськ, Суліна та Констанца) за 1950–2007 рр.

4.8.2. Температура повітря

Аналіз динаміки змін температурного режиму приземного шару атмосфери в досліджуваному районі, який проведено на основі історичних даних (табл. 4.9) по о. Зміїному [13, 18], по метеостанції Усть-Дунайськ (1984–2007 рр.), а також — Суліна (1881–1940 рр.) і Констанца (1885–1942 рр.), тобто з найближчих станцій, які розташовані на узбережжі Чорного моря [18], характеризується особливостями, які проілюстровані на рис. 4.16. Звертає на себе увагу зростання температури, яке спостерігається останні 50-60 рр., і особливо — починаючи з 1980-х. Так, наприклад, за трендом, який наведено на рисунку 4.16, з 50-х рр. до 2007 р. зростання температури в західній частині Чорного моря склало біля 1,2 °С, а з 80-х рр., коли почалося реальне потепління в північній півкулі (рис. 4.17), температура в цьому регіоні зростає майже на 0,7 °С. Приріст температури в північній півкулі за даними ВМО [20] за ці ж роки склав біля 0,6 °С. Тобто однозначно можна сказати, що зміни температури в районі о. Зміїного є наслідками глобальних процесів в атмосфері. Абсолютний приріст температури на острові з 1950–1961 рр. до цього часу склав біля 1,7 °С, тобто локальні зміни температури повітря в районі о. Зміїного за останні 20 років майже в 3 рази вищі, ніж в середньому в північній півкулі. Необхідно зауважити, що для метеостанції “Усть-Дунайськ”, за даними Дунайської гідрометобсерваторії, позитивний тренд температури з 1984 до 2007 рр. склав 1,8 °С, тобто практично співпав з зареєстрованим приростом температури повітря на о. Зміїному. Цей факт також підтверджує об’єктивність та достовірність зареєстрованих змін.

Таблиця 4.9

Середньорічні температури повітря (°С) в західній частині Чорного моря (район о. Зміїного — дельти Дунаю)

Станція спостережень	Середньорічна температура, °С	Роки спостережень	Джерело
о. Зміїний	11,6	1950–1961	[13]
Суліна	11,0	1881–1940	[18]
Суліна	11,3	1960–1980	[5]
Констанца	11,2	1885–1942	[18]
Констанца	11,4	1960–1980	[5]
Усть-Дунайськ	10,8	1984–1990	Див. розділ 4.4
Усть-Дунайськ	11,3	1991–2000	Див. розділ 4.4
Усть-Дунайськ	12,0	2001–2007	Див. розділ 4.4
о. Зміїний	13,3	2004–2007	Див. розділ 4.3

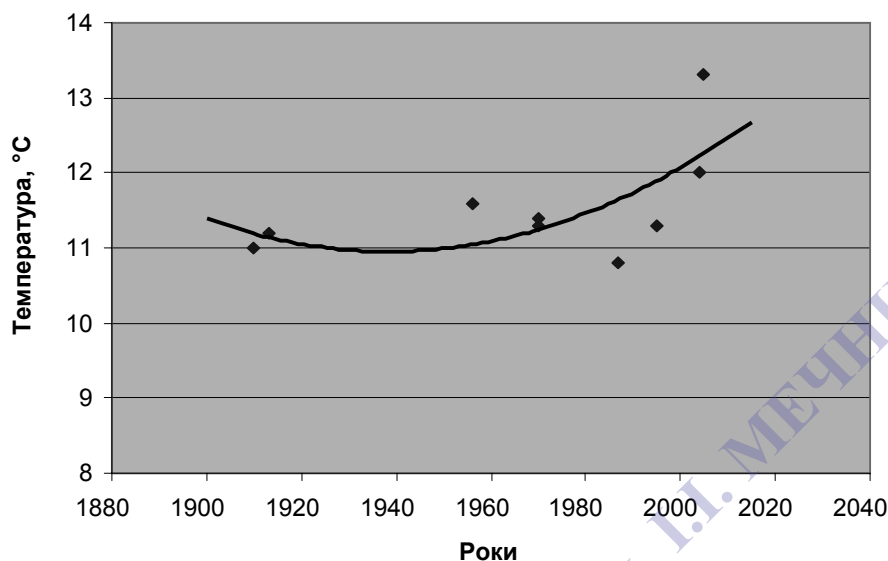


Рис. 4.16. Динаміка змін температури повітря у західній частині Чорного моря (район о. Зміїного — дельти Дунаю (порти Усть-Дунайськ, Суліна, Констанца)) за 1885–2007 рр.

4.8.3. Відносна вологість

Однією з важливих характеристик клімату, яка залежить від температурного, радіаційного і водного балансів в атмосфері, є відносна вологість приземного шару атмосфери. Вона впливає також на умови існування як флори і фауни, так і людей. В табл. 4.10 наведено зібрані нами історичні дані про середньорічні значення відносної вологості в досліджуваному регіоні. Аналіз існуючих в нашому розпорядженні даних (рис. 4.18) показав, що за останнє сторіччя відносна вологість зменшилася в регіоні на 3–5 %, тобто клімат став сухішим, що погоджується з даними про зміни температури в регіоні.

Таблиця 4.10

Середньорічна відносна вологість повітря (%) в західній частині Чорного моря (район о. Зміїного — дельти Дунаю)

Станція спостережень	Середньорічна відносна вологість, %	Роки спостережень	Джерело
Суліна	77	1881–1940	[18]
Констанца	82	1885–1942	[18]

Продовження табл. 4.10

Станція спостережень	Середньорічна відносна вологість, %	Роки спостережень	Джерело
Усть-Дунайськ	79,3	1984–1990	Див. розділ 4.4
Усть-Дунайськ	78,6	1991–2000	Див. розділ 4.4
Усть-Дунайськ	76,5	2001–2007	Див. розділ 4.4
о. Зміїний	73,9	2004–2007	Див. розділ 4.3

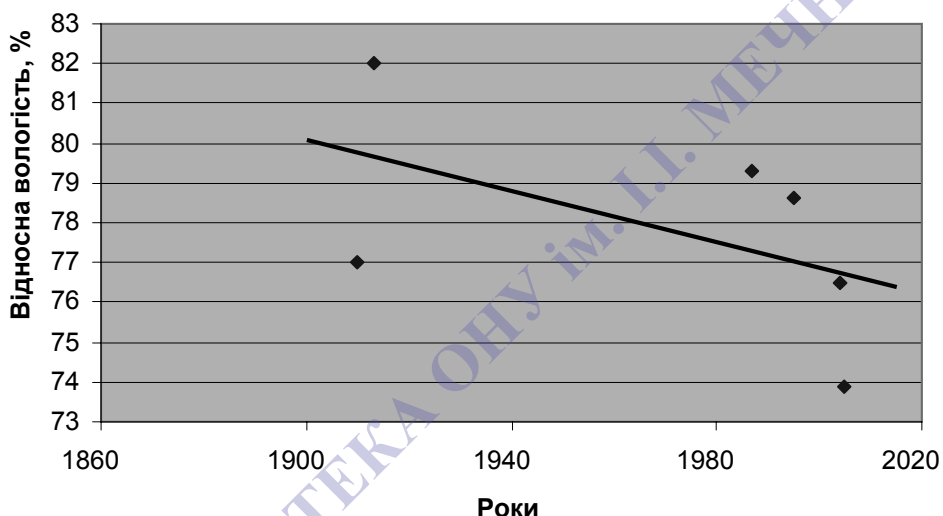


Рис. 4.18. Відносна вологість повітря (%) в західній частині Чорного моря в 1900–2007 рр.

4.8.4. Атмосферні опади

Аналіз літературних історичних даних щодо атмосферних опадів (табл. 4.11 та рис. 4.19) показав, що коливання щорічних сум атмосферних опадів в західній частині Чорного моря на протязі останніх ста років були в межах від 213 до 418 мм/р. В межах досліджуваного регіону спостерігалися зменшення сум атмосферних опадів у першій половині ХХ сторіччя та стале зростання в останні 50–60 рр. Щорічна кількість опадів на о. Зміїному змінювалася від 213 (1950–1961 рр. [1]) до 293 мм (2005–2006 рр. — дані ОНУ ім. І. І. Мечникова).

В останні 50–60 рр. на острові зафіксовано зростання щорічної суми атмосферних опадів майже в 1,5 рази. Але такої кількості атмосферних опадів недостатньо для існування природних зелених насаджень. Вра-

ховуючи актуальну задачу необхідності озеленення території острова для забезпечення комфортних умов проживання мешканців селища Біле, необхідно при плануванні розвитку інфраструктури передбачати отримання і використання додаткових обсягів прісної води для забезпечення існування штучних зелених насаджень.

Таблиця 4.11

Середньорічні суми атмосферних опадів мм/рік в західній частині Чорного моря (район о. Зміїного — дельти Дунаю)

Станція спостережень	Середньорічна сума атмосферних опадів, мм/рік	Роки спостережень	Джерело
Суліна	365	1881–1940	[18]
Констанца	400	1885–1942	[18]
Усть-Дунайськ	418	1984–1990	Див. розділ 4.4
Усть-Дунайськ	394	1991–2000	Див. розділ 4.4
Усть-Дунайськ	400	2001–2007	Див. розділ 4.4
о. Зміїний	213	1950–1961	[13]
о. Зміїний	294	2004–2007	Див. розділ 4.3

Середньорічна сума атмосферних опадів, мм/рік

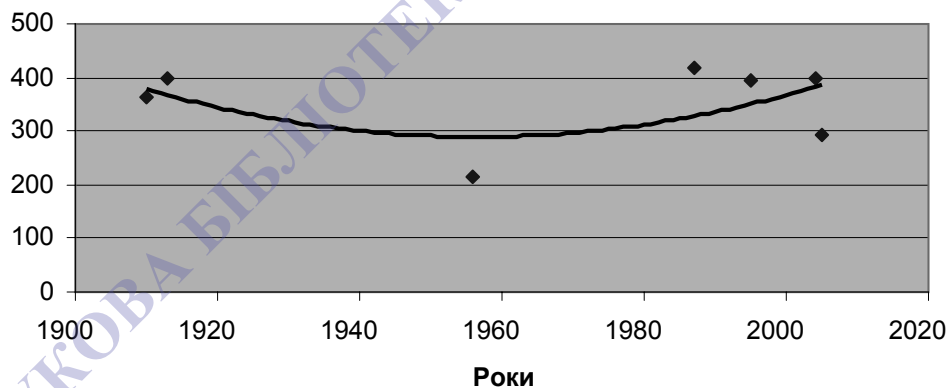


Рис. 4.19. Часовий розподіл середньорічних сум атмосферних опадів (мм/рік) в західній частині Чорного моря (о. Зміїний, порти Усть-Дунайськ, Суліна, Констанца)

4.8.5. Хмарність

Загальні характеристики хмарності зазвичай є одними з важливіших кліматичних параметрів [5, 13, 18]. Але лише в роботі [13] наводяться історичні данні за 1950–1961 рр. про середнє значення хмарності на о. Зміїному, яке складало 5,7 балів, міняючись від 2,5 у червні до 8,4 балів у лютому. За нашими розрахунками (розділ 4.3), у 2004–2007 рр. середнє значення показника хмарності складало 4,6 балів, змінюючись в межах від 1,4 в липні до 6,8 в січні, тобто за 50 рр. значення інтенсивності хмарності над островом зазнало змін в сторону зменшення приблизно на один бал, що безумовно веде до змін радіаційного балансу та до підвищення температури повітря на острові, що і спостерігається реально на острові.

4.8.6. Висновки

На закінчення розділу, присвяченого вивченню довгострокових кліматичних змін у районі о. Зміїного, можна зробити висновок про те, що на о. Зміїному в останні десятиріччя спостерігається потепління, яке супроводжується зменшенням річних сум атмосферних опадів, середньорічних характеристик хмарності, швидкості вітру та відносної вологості. Це є наслідком глобальних змін клімату в північній півкулі та, на нашу думку, свідоцтвом більш інтенсивних регіональних змін клімату, які, вірогідно, також додатково посилені зростаючою антропогенною діяльністю в Азово-Чорноморському басейні. Для розробки сценарію ефективного розвитку інфраструктури острова з урахуванням змін клімату в регіоні необхідно продовжувати початі довгострокові дослідження впливу кліматичних змін на біоценози о. Зміїного та прилеглого району Чорного моря, використовуючи можливості, які дає існування на острові постійно діючої науково-дослідної станції “Острів Зміїний” ОНУ ім. І. І. Мечникова.

Автори висловлюють велику подяку персоналу науково-дослідної станції “Острів Зміїний” і спостерігачам гідрометеопосту Держгідромету за велику роботу, яку вони проводять для забезпечення безперервних спостережень і отримання унікальної інформації про стан природного середовища на о. Зміїному.

Розділ 5

АТМОСФЕРНО-ХІМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження екосистем в умовах зміни клімату та антропогенного забруднення є одним з важливіших напрямків морської екології [1]. Антропогенний вплив є наслідком надходження до морського середовища токсичних, біогенних та органічних речовин. Шляхи надходження цих речовин можуть бути різні: теригенний стік, атмосферний перенос, перенос морських вод з інших районів та інші. Актуальність досліджень атмосферної трансформації та дальнього переносу антропогенних забруднюючих речовин привела до створення у 1977 р. в Європі Спільної програми спостережень та оцінки розповсюдження забруднюючих повітря речовин на великі відстані, за якою працювали 82 станції у 26 країнах [8]. У прибережних зонах та у гирлових районах моря головними джерелами забруднення є теригенний та річковий стоки, а також промислово- побутові стоки великих міст і портів. У шельфовій і особливо у відкритій частині моря одним з головних джерел забруднення є також і атмосферний стік, що формується внаслідок дальнього переносу забруднюючих речовин з промислово-розвинутих районів Європейського континенту, особливо з територій причорноморських країн.

При цьому слід відзначити, що морські райони практично не охоплені постійно діючою мережею спостережень, і тому дані про забруднення атмосфери над європейськими морями дуже необхідні для створення повної картини розповсюдження та трансформації забруднюючих речовин над Європою. В силу специфіки процесів очищення морської атмосфери від аерозольних та газоподібних домішок найбільш актуальними є дослідження особливостей процесів виведення забруднюючих речовин з атмосфери на поверхню моря [2]. Атмосферні процеси та відкладення (вологі і сухі) забруднюючих речовин також суттєво впливають на радіаційні характеристики атмосфери, формуючи суттєвий вплив на кліматичні процеси у регіональному та глобальному масштабі.

Детальні дослідження атмосферного стоку забруднюючих речовин на поверхню Чорного моря в економічній зоні України проводилися лише у 1990–1992 рр. [3, 5]; в результаті цього було показано, що біля

30 % сумарного потоку сполук азоту та сірки в Чорне море обумовлено надходженням з атмосфери.

Географічне положення о. Зміїного в західній частині Чорного моря, його значна віддаленість від джерел атмосферного забруднення дозволяють створити станцію атмосферного моніторингу і проводити кількісну оцінку потоків іонів з атмосферними відкладеннями і атмосферними опадами на поверхню о. Зміїного та прилеглу акваторію Чорного моря.

Головною метою досліджень була кількісна оцінка забруднення атмосферних опадів і відкладень та потоків досліджуваних сполук континентального походження на поверхню Чорного моря в районі о. Зміїного.

5.1. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Атмосферний блок комплексної програми екологічного моніторингу екосистеми о. Зміїного [11] включав у себе відбір і аналіз зразків атмосферних опадів та відкладень на острові, які почалися у серпні 2003 р. Відбір зразків атмосферних опадів проводився у відповідності з методикою, що описана у роботі [4]. При цьому використовувалися опадомір Третьякова — для знаходження кількісної суми опадів за конкретні проміжки часу, відбірник атмосферних опадів — для проведення хімічного аналізу іонного складу атмосферних опадів, відбірник зразків атмосферних відкладень — для визначення іонного складу сумарних (сухих та вологих) атмосферних відкладень. Відбір зразків сумарних (сухих та рідких) відкладень проводився з експозицією 5 діб на фільтротканину ФПП-15-1.5, яку було розташовано на спеціальному планшеті, з поверхнею відбору 0,3 м². Зразки фільтрів та атмосферних опадів до аналізу зберігались у морозильнику. Катіонний і аніонний склад зразків атмосферних опадів та відкладень визначався методом іонної хроматографії з використанням хроматографу Personal IC 790 виробництва фірми МЕТРОНМ LTD (Швейцарія) у відповідності до вимог керівного документу КД 52.04.333-93 [13]. Електропровідність зразків визначалася портативним кондуктометром “НІ9033” відповідно до інструкції з експлуатації [9]. Визначення значень водневого показника (рН) виконували з допомогою портативного рН-метра Hydrus 100 [10].

5.2. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ АТМОСФЕРНИХ ВІДКЛАДЕНЬ

Відбір зразків атмосферних відкладень на о. Зміїному проводився в наступні періоди: з серпня 2003 по січень 2004 р., з травня 2004 по листопад 2004 р., з квітня 2005 по грудень 2005 р., з січня 2006 по грудень 2006 р. та з травня 2007 по грудень 2007 р. Всього було відібрано 411 проб відкладень та 119 проб дощових змивів з верхньої частини планшета. Первинні дані щодо інтенсивності відкладень окремих іонів на поверхню моря проілюстровані рисунками 5.1–5.13. У табл. 5.1 та 5.2 наведено середньомісячні кількісні результати визначення іонного складу атмосферних відкладень. При цьому у зразках відкладень зареєстровані наступні іони: натрій, кальцій, магній, амоній, калій, літій, хлор, сульфат, нітрат, фосфат, бром, фтор та нітрит.

Аналіз даних табл. 5.1 показав, що у 2003–2007 рр. спостерігається поступове підвищення інтенсивності відкладень деяких катіонів, а саме натрію, магнію, калію. Звертає на себе увагу відсутність помітного сезонного ходу інтенсивності відкладень для більшості іонів [7].

Аналіз середньомісячних значень інтенсивності сумарних відкладень натрію, кальцію та магнію показав, що вони були у межах 264...156000, 124...54900 та 76...21400 мкг/(м²·доб), при середніх значеннях 22600 ± 14700 , 5650 ± 3770 та 3110 ± 2400 мкг/(м²·доб) відповідно. Для відкладень амоній-іону спостерігались певні сезонні зміни. Найвища інтенсивність його відкладень зареєстрована у весняно-літній період. На нашу думку, це пов'язано з тим, що з березня-квітня і на протязі всього вегетаційного циклу сільськогосподарських культур фермери починають масово вносити добрива, одним з наслідків чого і стає підвищення вмісту амонію в атмосферному повітрі. Також слід зазначити, що підвищення відкладень сполук азоту в осінньо-зимовий період корелюються суто зі штормовою погодою, коли різко зростають загальні відкладення атмосферних домішок на поверхню моря. Інтенсивність відкладень іонів амонію змінювалася від 3 до 9995 мкг/(м²·доб) при середньому значенні 1430 ± 890 мкг/(м²·доб) за весь період досліджень. Інтенсивність відкладень калію змінювалася у межах 13...7497 мкг/(м²·доб) при середньому значенні 1380 ± 830 мкг/(м²·доб). В деяких окремих пробах відкладень зареєстровані іони літію.

Аналіз середньомісячних значень інтенсивності відкладень аніонів (табл. 5.2) показав високі значення інтенсивності відкладень іонів морського походження, таких, як хлориди, броміди, сульфати, а також біогенних сполук — нітрату, фосфату та нітриту. Середні значення

Таблиця 5.1

Інтенсивність сумарних відкладень катіонів на поверхню о Зміїного у 2003 –2007 рр.

Місяць, рік	Інтенсивність відкладень, мкг/(м ² *доб)							
	Li	Na	NH ₄	K	Ca	Mg		
Серпень 2003	0	2300±1800	320±320	220±220	1350±760	280±280		
Вересень 2003	0	9400±4600	930±470	580±260	2000±900	1300±600		
Жовтень 2003	0	264	162	373	124	76		
Листопад 2003	0	2600±1700	170±160	90±15	630±520	270±170		
Грудень 2003	0	13300±7700	200±100	540±270	1900±1000	2000±1200		
Січень 2004	0	3400±900	100±40	200±60	870±160	420±100		
Червень 2004	2,1±2,1	1100±1000	700±670	160±140	1600±1500	660±640		
Липень 2004	2,0±2,0	10600±9000	3100±2300	1300±1000	7400±5200	3200±2200		
Серпень 2004	0	6600±2600	2000±1600	1100±60	6800±5300	3700±2700		
Вересень 2004	0	10000±3200	1100±800	560±140	3700±2600	2100±900		
Жовтень 2004	0	28500±26000	2250±1250	1700±1100	6100±4500	5300±4300		
Листопад 2004	0	39000±35000	1600±1400	3300±2900	54900±54300	8200±7600		
Квітень 2005	0	13600±6700	3600±2700	1300±600	8500±3500	3900±1700		
Травень 2005	0	3500±1600	10000±5500	3600±1500	6300±3400	2100±900		
Червень 2005	0,7±0,7	6300±2400	2000±1500	870±460	3100±1600	2600±1500		
Липень 2005	0	3200±1700	330±120	230±110	1000±360	820±370		
Серпень 2005	0	4600±3200	1100±850	640±410	2500±1500	1600±1100		
Вересень 2005	0	8600±4200	150±60	450±190	1440±370	1300±500		
Жовтень 2005	0	11500±4300	150±80	760±170	1500±400	1700±700		
Листопад 2005	0	79200±31700	750±540	4200±1800	7100±2600	12100±4400		
Грудень 2005	0	114800±96800	20±15	3800±3500	8700±4900	17600±13900		

Продовження табл. 5.1

Місяць, рік	Інтенсивність відкладень, мкг/(м ² * доб)							
	Li	Na	NH ₄	K	Ca	Mg		
Січень 2006	0	29900±15700	3±3	1300±660	5800±3400	6700±4200		
Лютий 2006	0	33300±17000	15±15	1400±870	4400±2800	4000±2400		
Березень 2006	0	52100±29900	42±42	2560±1400	6700±3400	7200±4000		
Квітень 2006	0	2800±800	2000±800	1000±300	3700±1400	1200±450		
Травень 2006	0	25500±19600	7900±4100	4800±2450	11700±6100	5800±3000		
Червень 2006	0	1300±600	100±60	13±13	630±160	210±110		
Липень 2006	0	11000±6000	70±50	470±270	1780±810	1800±1000		
Серпень 2006	0	16700±8600	570±370	1600±1000	9700±5200	6600±4100		
Вересень 2006	0	68000±55100	1800±900	500±300	13800±5800	8400±3450		
Жовтень 2006	0	5400±2500	530±300	770±250	1500±700	1200±670		
Листопад 2006	0	156000±102800	1320±1200	7500±5100	17100±10800	21400±14100		
Грудень 2006	0	34300±30300	9±9	280±200	4800±3900	6400±4500		
Травень 2007	0	680±300	760±680	330±250	1600±1300	450±230		
Червень 2007	0	1370±740	220±90	110±50	680±210	290±120		
Липень 2007	0	2600±1200	970±480	320±180	2400±800	1000±380		
Серпень 2007	0	2300±1600	70±40	130±70	570±200	330±220		
Вересень 2007	0	40300±19400	8300±4500	3800±3100	9600±5800	6100±3100		
Жовтень 2007	0	11500±5400	1900±590	1070±280	2400±800	2000±800		
Листопад 2007	0	49000±15600	1200±290	2200±550	4600±1200	6400±2000		
Грудень 2007	0	10000±9500	130±130	400±380	800±600	1200±110		
Середнє	0,1±0,1	22600±14700	1430±890	1380±830	5700±3800	3900±2400		

Примітка: 0 — означає, що концентрація даного іону в зразках є нижче порогу визначення.

Таблиця 5.2

Інтенсивність сумарних відкладень аніонів на поверхню о. Зміного у 2003 – 2007 рр.

Місяць, рік	Інтенсивність відкладень, мкг/(м ² *доб)									
	F	Cl	NO ₂	Br	NO ₃	PO ₄	SO ₄			
Серпень 2003	8,2±3,0	7900±4940	7,6±7,6	184±33	480±270	117±61	1430±820			
Вересень 2003	20,4±18,9	30700±14700	1,3±1,3	40±31	1100±600	276±130	2640±1250			
Жовтень 2003	2,9	692	0	0	48	860	201			
Листопад 2003	9,1±6,5	4530±3330	0	40±21	710±610	133±101	1510±1160			
Грудень 2003	18,3±13,9	31100±19200	0,6±0,6	55±39	1710±1330	31±27	5550±3450			
Січень 2004	11,4±4,6	9100±2200	5,8±5,8	16±4	450±100	19±12	1570±290			
Червень 2004	10,6±8,5	7700±6800	0	65±31	670±600	354±316	750±640			
Липень 2004	26,7±22,3	43639±32698	10,5±9,1	49±49	3540±2780	960±820	8580±7230			
Серпень 2004	21,6±19,2	35000±23300	2,9±1,5	28±20	2160±1610	2190±1660	4530±2540			
Вересень 2004	7,1±5,6	28600±10900	0	23±19	2300±2100	278±91	5500±2890			
Жовтень 2004	21,4±15,8	59300±48600	0	95±95	4700±3100	820±414	12200±9300			
Листопад 2004	70,2±67,8	71900±64200	80,7±79,7	68±54	8570±8250	1250±950	22300±20700			
Квітень 2005	27,0±14,0	48500±21000	0	128±53	4990±3110	1270±1070	10900±5400			
Травень 2005	26,9±10,5	29400±12900	7,3±7,3	123±24	3150±1790	4600±2120	6404±3588			
Червень 2005	11,0±5,6	31500±19300	0,2±0,2	139±25	1240±760	500±320	3620±1470			
Липень 2005	2,3±0,71	9800±4200	0	102±8	353±126	83±34	1450±670			
Серпень 2005	4,8±2,6	12400±7700	1,1±0,7	74±17	1370±870	540±330	2800±1580			
Вересень 2005	4,0±1,85	18000±7300	0	30±20	824±333	44±25	3000±1370			
Жовтень 2005	3,4±1,0	24200±9600	0	36±25	875±281	275±78	4260±1540			
Листопад 2005	54,0±30,3	156000±57000	0	430±190	6900±3300	710±270	28400±11400			
Грудень 2005	60,3±31,7	231000±201000	4,6±2,1	670±580	6200±3300	180±101	40700±33000			

Продовження табл. 5.2

Місяць, рік	Інтенсивність відкладень, мкг/(м ² *доб)									
	F	CL	NO2	Br	NO3	PO4	SO4			
Січень 2006	37,9±20,1	54900±30200	0,5±0,5	150±79	3680±1820	1427±1129				
Лютий 2006	56,6±23,8	52600±24500	10,5±9,5	138±63	6800±2810	292±232				
Березень 2006	22,3±12,3	105200±60500	81,0±81,0	233±165	2300±940	399±179				
Квітень 2006	10,1±3,8	17000±6100	0	76±65	1570±580	2160±742				
Травень 2006	57,5±35,9	43900±22500	138±137	130±14	9210±5370	10857±5783				
Червень 2006	1,3±0,3	4380±1670	0	1,5±1,5	160±74	20±7				
Липень 2006	4,2±1,8	26700±13000	0,8±0,8	31,5±18,3	553±319	130±62				
Серпень 2006	25,3±10,0	33600±21800	0	57,4±25,5	4530±2040	152±88				
Вересень 2006	36,6±22,0	149000±94000	0	271±175	8110±3800	2338±1131				
Жовтень 2006	7,0±4,5	16300±8900	0,5±0,5	20±14	760±440	708±290				
Листопад 2006	98,9±62,0	346000±228000	5,7±5,2	940±630	5430±4190	1633±1336				
Грудень 2006	42,9±37,7	75200±65700	0,9±0,6	179±170	6110±5810	255±251				
Травень 2007	2,0±2,0	5120±3480	0	0	232±193	620±670				
Червень 2007	1,7±0,3	4640±1960	0	0	184±51	58±20				
Липень 2007	2,1±1,3	13800±5300	0	3,4±3,4	700±330	392±155				
Серпень 2007	1,3±0,4	5520±3630	1,4±0,9	1,4±0,9	150±64	25±13				
Вересень 2007	47,9±31,0	98100±46500	277±277	128±59	10600±6280	374±146				
Жовтень 2007	11,2±4,3	29100±12300	6,4±5,9	50±26	3020±1040	1284±405				
Листопад 2007	20,9±7,7	107000±32000	0	248±62	3310±920	509±313				
Грудень 2007	4,1±3,1	22100±21200	0	72±65	1000±920	0,0				
Середнє	22,3±14,2	51200±31800	15,8±15,8	125±74	2950±1830	950±550				

Примітка: 0 — означає, що концентрація даного іону в зразках є нижче порогу визначення.

інтенсивності відкладень за 2003–2007 рр. для іонів хлору склали 51200 ± 31800 , сульфату — 10100 ± 6300 та нітрату — 2950 ± 1830 мкг/(м²·доб) і коливались у межах 692...345461, 201...60999 та 48...10609 мкг/(м²·доб) відповідно. Для іонів фосфатів та бромиду інтенсивність відкладень коливалась в межах від 0 до 10857 та 942 мкг/(м²·доб), при середніх значеннях — 950 ± 550 та 125 ± 74 мкг/(м²·доб) відповідно. Іони фтору та нітритів реєструвалися у відкладеннях регулярно в незначній кількості в межах 1,3–98,8 та 0–277 мкг/(м²·доб) відповідно, середні значення дорівнювали — $22,3 \pm 14,2$ та $15,8 \pm 15,8$ мкг/(м²·доб).

Різке зростання інтенсивності відкладень деяких іонів (натрію, калію, хлору, фтору, бромиду, сульфатів), які в достатній кількості присутні в морській воді, при аналізі первинних даних спостережень (рис. 5.1, 5.5, 5.7, 5.8, 5.11, 5.12) у грудні 2005 р. та листопаді 2006 р. було обумовлене результатом погіршення погодних умов. Значне зростання інтенсивності відкладень азотних сполук (рис. 5.4, 5.9, 5.13) спостерігалось у квітні 2006 р. та вересні 2007 р. (для амонію, нітратів, нітритів), у квітні 2005 р. (для амонію) та у листопаді 2004 р. (для нітратів та нітритів).

На нашу думку, це могло бути обумовлено переносом вищезгаданих сполук від джерел, які розташовані на європейському континенті на заході від району спостережень, тобто було результатом дальнього переносу забруднюючих речовин з континенту. Слід додати, що в тому, що стосується біогенних речовин, найбільш актуальним в останні роки є вивчення поведінки та обміну сполуками азоту в системі атмосфера — підстилаюча поверхня (море, континент, водні об'єкти і таке інше) на панєвропейському рівні.

Відомо [15], що більшість сполук азоту відіграють значну роль в руйнуванні озонового шару і впливають на процеси кліматичних змін. Зараз проблема вивчення потоків і циклів сполук азоту і їх впливу на баланс парникових газів в Європі дуже актуальна та є предметом вивчення міжнародного проекту NitroEurope [15], в якому беруть участь 62 наукові групи Європи, в тому числі і наукова група ОНУ ім. І. І. Мечникова. Однак наукові проекти, які спрямовані на вивчення поведінки парникових газів, поки що не приділяють належної уваги морським районам. Обумовлено це, насамперед, відсутністю постійних станцій спостережень в європейських морях. Саме тому наш досвід проведення атмосферно-хімічних спостережень на о. Зміїному дозволяє отримувати унікальну інформацію про атмосферні потоки сполук азоту та інших речовин на поверхню Чорного моря [7].

Порівняльний аналіз середніх значень інтенсивності відкладень сполук азоту та сірки на поверхню Чорного моря в районі о. Зміїного та даних за 1990–1992 рр. [3] (табл. 5.3) показав, що у 2003–2007 рр. спостерігається значне підвищення інтенсивності сумарних відкладень сполук нітратів в 1,9 та 2,6 рази та сульфатів в 2,0 та 2,6 рази на поверхню о. Зміїного у порівнянні з даними для всієї акваторії і для південно-західної частини Чорного моря відповідно.

Таблиця 5.3

Середня інтенсивність сумарних відкладень (мкг/(м²*доб))

Район, рік	Середня інтенсивність відкладень, мкг/(м ² *доб)		
	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
Район о. Зміїного (2003–2007 рр.)	1430±890	2950±1830	10100±6300
Південно-західна частина Чорного моря (1990–1992 рр.) [3]	2057	1104	3896
Акваторія Чорного моря (1990–1992 рр.) [3]	1585	1516	5014

Сучасна інтенсивність відкладень амоній-іону в районі о. Зміїного практично дорівнює середньому рівню для всієї акваторії Чорного моря у 1990–1992 рр. [3] та приблизно на 30 % є меншою, ніж була у південно-західній частині Чорного моря [3].

Ми вважаємо, що вплив дальнього атмосферного переносу, який формується через індустріальну та сільськогосподарську діяльність країн Чорноморського басейну, економіка яких в останні роки зазнає стрімкого розвитку, в майбутньому буде основним чинником зростання атмосферного потоку іонів антропогенно-континентального походження на акваторію Чорного моря. Тому, роль станції спостережень за атмосферними домішками на о. Зміїному зростатиме.

5.3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ АТМОСФЕРНИХ ОПАДІВ

Відбір зразків атмосферних опадів проводився в ті ж періоди, що і відкладень, з серпня 2003 по січень 2004 р., з травня по листопад 2004 р., з квітня по грудень 2005 р., з січня по грудень 2006 р. та з травня по грудень 2007 р. Всього за цей період був відібраний 121 зразок атмосферних опадів. Дані про концентрації іонів, які були зареєстровані в зразках атмосферних опадів, наведено на рис. 5.14–5.25.

Аналіз результатів визначення іонного складу зразків атмосферних опадів виявив наступне. Середній рівень рН атмосферних опадів складав $4,90 \pm 0,3$, змінюючись у межах від 3,57 до 6,87. Електропровідність зразків дощової води коливалася від 10,04 до 353,87 мкС/см, при середньому значенні 83 ± 41 мкС/см (табл. 5.4).

В зразках дощової води кількісно ідентифікувались катіони (натрію, кальцію, магнію, амонію, калію, літію) та аніони (хлору, сульфату, нітрату, фосфату, бромиду, фтору, нітриту). Середньомісячні концентрації досліджуваних іонів в атмосферних опадах представлені в табл. 5.4 та 5.5.

По результатах аналізу наведених даних простежуються тренди підвищення концентрацій катіонів натрію, магнію та калію. Рівні їх концентрацій коливались в межах 0,78–48,66, 0,41–16,41, 0,00–6,27 мг/л при середніх значеннях $8,78 \pm 5,46$, $2,31 \pm 0,58$, $1,19 \pm 0,75$ мг/л для іонів натрію, кальцію та магнію відповідно. Рівень концентрацій іонів амонію в атмосферних опадах практично лишається незмінним на протязі останніх 5 років. Спостерігаються сезонні зміни з підвищенням концентрацій амонію у весняно-літній період до максимальних 6,79 мг/л, при середньому значенні $0,89 \pm 0,49$ мг/л. Концентрації іонів калію коливались від 0 до 2,4 мг/л, середнє значення склало $0,6 \pm 0,4$ мг/л. Слід відмітити, що катіон літію був зареєстрований лише один раз у червні 2004 р. Концентрація його складала 0,007 мг/л.

Відмічено тренди зростання концентрацій хлориду, сульфат-іону, нітрат-іону, дещо менше для фосфат- та бромід-іону. Межі змін концентрацій становили 1,3–98,35, 1,38–16,19 та 0,8–8,84 мг/л для хлорид-, сульфат- та нітрат-іону при середніх значеннях $15,20 \pm 10,10$, $6,09 \pm 2,26$, $3,11 \pm 1,06$ мг/л відповідно. Концентрації фосфат- та бромід-іону змінювались в межах від 0 до 2,79 та 0 до 0,195 мг/л при середніх значеннях $0,34 \pm 0,30$ та $0,027 \pm 0,022$ мг/л відповідно. Середня концентрація фторид-іонів дорівнювала $0,019 \pm 0,008$ мг/л і коливалась в межах від 0,002 до 0,043 мг/л. Нітрит-іони реєструвались лише у третині зразків. Максимальна концентрація становила 0,10 мг/л при середньому показнику $0,008 \pm 0,005$ мг/л. Спираючись на отримані дані, ми оцінили середні концентрації сполук азоту та сірки в атмосферних опадах в районі о. Зміїного (табл. 5.6) та порівняли їх з існуючими даними за 1990–1992 рр. для всієї акваторії Чорного моря [3].

Дані, отримані нами на о. Зміїному, свідчать про те, що середні концентрації амоній-, нітрат- і сульфат-іону у 2003–2007 рр. знаходяться в межах концентрацій, які реєструвались у 1990–1992 рр. При цьому, слід зазначити, що їх рівні близькі до мінімальних концентрацій, які

Таблиця 5.4

Концентрації катіонів у зразках атмосферних опадів на о. Зміїному у 2003–2007 рр.

Місяць, рік	Кількість опадів, мм	рН	Е, мкСм/см	Концентрації іонів в атмосферних опадах, мг/л					
				Li ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Грудень 2003	-	4,6±0,7	191±118	0	31,10±19,10	0,250±0,177	1,40±0,99	3,27±1,22	4,12±2,39
Червень 2004	-	-	14±5	0,007±0,007	1,24±0,69	0,120±0,120	0	1,36±0,53	0
Липень 2004	6,26	5,1±0,2	10±2	0	0,95±0,30	0,428±0,204	0	0,69±0,43	0
Серпень 2004	0,20	5,8±0,7	32±12	0	1,98±0,51	2,230±0,985	0,60±0,30	1,77±0,45	0
Вересень 2004	2,03	5,9±0,6	132±93	0	17,10±13,60	0,295±0,173	0,65±0,50	3,40±1,10	2,08±1,75
Жовтень 2004	5,03	5,4±0,2	29±8	0	2,43±0,95	0,783±0,274	0,14±0,14	0,41±0,27	0,26±0,17
Листопад 2004	2,80	6,8±0,1	85±8	0	3,82±0,63	0,205±0,145	0	16,40±0,28	0,68±0,48
Травень 2005	2,23	5,6±0,6	51±15	0	0,96±0,32	6,790±3,120	1,18±0,59	2,06±0,27	0,16±0,16
Червень 2005	7,13	4,3±0,2	21±4	0	1,55±0,47	0,298±0,100	0	0,60±0,24	0,32±0,15
Серпень 2005	37,50	4,6±0,1	17±3	0	0,78±0,55	0,130±0,092	0	0,89±0,16	0,20±0,14
Вересень 2005	5,88	4,8±0,1	63±23	0	6,44±1,77	0,295±0,143	0,53±0,27	2,54±1,06	1,05±0,34

Продовження табл. 5.4

Місяць, рік	Кількість опадів, мм	рН	Е, мкСм/см	Концентрації іонів в атмосферних опадах, мг/л					
				Li ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Грудень 2003	-	4,6±0,7	191±118	0	31,13±19,14	0,25±0,18	1,40±0,99	3,27±1,22	4,12±2,39
Жовтень 2005	2,90	4,0±0,3	90±18	0	8,96±3,85	1,11±0,55	0,53±0,37	1,74±0,17	1,18±0,40
Листопад 2005	7,16	3,9±0,2	65±12	0	6,94±1,84	0,34±0,14	0,72±0,32	0,77±0,15	0,87±0,28
Грудень 2005	3,84	4,4±0,2	250±135	0	32,74±19,54	0,15±0,06	1,06±0,74	2,30±0,96	4,81±2,88
Січень 2006	3,80	4,0±0,3	142±74	0	15,77±9,67	0,27±0,06	0,72±0,72	1,63±0,75	2,60±1,52
Лютий 2006	3,58	4,2±0,5	120±33	0	10,25±3,11	0,64±0,39	1,24±0,48	1,81±0,44	1,53±0,35
Березень 2006	4,28	4,8±0,3	161±65	0	17,29±8,65	4,35±4,33	2,40±1,28	2,79±0,79	2,53±1,19
Квітень 2006	3,02	5,3±0,1	92±36	0	8,44±3,89	0,24±0,18	1,40±0,68	3,98±1,52	1,12±0,52
Травень 2006	8,80	5,1±0,4	59±17	0	1,69±0,40	1,09±0,71	1,33±0,67	1,60±0,35	0,33±0,33
Червень 2006	-	5,5	32	0	1,34	0,83	0	0,99	0
Липень 2006	-	4,5	20	0	1,89	0	0	1,06	0
Серпень 2006	17,0	4,6±0,2	40±11	0	4,81±1,43	0	0	1,06±0,39	0,62±0,28
Вересень 2006	5,43	5,0±0,3	29±10	0	2,81±0,70	0,06±0,06	0	1,52±0,70	0,15±0,15

Продовження табл. 5.4

Місяць, рік	Кіль- кість опадів, мм	рН	Е, мкСм/ см	Концентрації іонів в атмосферних опадах, мг/л						
				Li ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
Грудень 2003	-	4,6±0,7	191±118	0	31,10±19,10	0,25±0,18	1,40±0,99	3,27±1,22	4,12±2,39	
Жовтень 2006	0,40	5,2	26	0	1,54	0,42	0	1,24	0	
Листопад 2006	6,07	5,1±0,3	159±114	0	20,50±15,30	0	0,59±0,59	2,09±0,79	2,41±1,91	
Грудень 2006	1,15	3,6±0,04	58±10	0	3,19±1,22	0	0	1,40±0,01	0	
Червень 2007	2,2	4,1	77	0	3,99	2,02	0,5	4,41	1,01	
Серпень 2007	10,8	4,9	43	0	2,49	1,81	1,06	1,82	0,47	
Вересень 2007	20,4	5,1±0,2	47±14	0	4,85±2,14	0,55±0,29	0,54±0,38	1,53±0,24	0,83±0,26	
Жовтень 2007	11,5	5,3±0,2	83±27	0	6,67±2,41	1,80±0,38	0,69±0,44	2,51±0,85	1,42±0,44	
Листопад 2007	68,9	5,3±0,3	354±212	0	48,70±31,60	0,35±0,16	1,73±1,19	3,27±1,38	6,27±3,94	
Грудень 2007	13,9	5,2±0,1	62±22	0	7,66±2,72	0,44±0,07	0,29±0,20	1,20±0,60	1,18±0,19	
Середнє	9,43	4,9±0,3	83±41	0,0002±0,0002	8,78±5,46	0,89±0,49	0,60±0,40	2,32±0,58	1,19±0,75	

Примітка: 0 — означає, що концентрація даного іону нижче порогу визначення.

Таблиця 5.5

Концентрації аніонів у зразках атмосферних опадів на о. Зміїному у 2003 –2007 рр.

Місяць, рік	Концентрації іонів в атмосферних опадах, мг/л									
	F ⁻	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	Br ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻			
Грудень 2003	0,045±0,025	55,64±35,61	0,095±0,053	0,100±0,071	4,14±2,51	0,220±0,156	11,94±7,26			
Червень 2004	0,013±0,009	1,94±1,06	0,017±0,017	0,027±0,027	1,72±1,01	0,023±0,023	1,38±0,57			
Липень 2004	0,012±0,002	1,30±0,45	0	0	0,98±0,33	0	2,73±0,97			
Серпень 2004	0,027±0,017	2,82±0,70	0,037±0,037	0	2,35±0,83	0,297±0,190	3,40±1,14			
Вересень 2004	0,015±0,003	29,90±25,10	0	0,053±0,053	3,10±1,10	0,023±0,023	10,00±4,99			
Жовтень 2004	0,011±0,001	3,48±1,42	0	0	2,00±0,23	0,110±0,097	2,94±0,562			
Листопад 2004	0,020±0,0001	4,80±0,80	0,035±0,004	0	2,40±0,22	0,205±0,060	4,40±0,26			
Травень 2005	0,033±0,009	1,39±0,38	0,007±0,007	0	3,13±0,46	2,420±1,290	5,22±1,17			
Червень 2005	0,008±0,003	2,16±0,58	0	0	0,91±0,20	0	2,50±0,40			
Серпень 2005	0,002±0,0004	1,47±0,77	0	0	0,87±0,01	0	2,94±0,57			
Вересень 2005	0,019±0,011	9,22±2,73	0	0,038±0,017	3,67±2,04	0	6,31±2,31			
Жовтень 2005	0,015±0,004	13,10±5,90	0	0,04±0,03	4,67±1,40	0	7,45±0,57			
Листопад 2005	0,031±0,025	10,47±2,93	0	0,020±0,008	2,93±0,46	0	3,61±0,60			
Грудень 2005	0,035±0,010	66,00±42,30	0	0,141±0,111	6,89±2,30	0	12,99±6,20			
Січень 2006	0,022±0,014	23,20±14,40	0	0,033±0,019	5,22±1,43	0	8,83±3,59			
Лютий 2006	0,026±0,01	14,80±4,50	0,001±0,001	0,032±0,012	8,84±3,57	0,568±0,568	8,89±2,09			

Продовження табл. 5.5

Місяць, рік	Концентрації іонів в атмосферних опадах, мг/л								
	F ⁻	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	Br ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻		
Березень 2006	0,024±0,009	29,30±15,80	0,006±0,004	0,055±0,030	4,02±1,01	2,360±2,260	9,96±3,13		
Квітень 2006	0,030±0,013	12,60±6,38	0,010±0,005	0,008±0,005	4,28±1,20	0,204±0,120	6,88±2,61		
Травень 2006	0,017±0,004	1,97±0,42	0,002±0,002	0	3,40±1,36	2,790±2,540	7,05±2,77		
Червень 2006	0,005	1,63	0	0	0,8	0	2,16		
Липень 2006	0,02	2,25	0	0	1,4	0,04	1,63		
Серпень 2006	0,008±0,003	8,37±2,57	0,007±0,004	0,015±0,010	0,79±0,29	0	3,24±1,09		
Вересень 2006	0,005±0,003	4,73±1,40	0	0	2,09±1,11	0	2,32±0,94		
Жовтень 2006	0,01	3,18	0,01	0	1,55	0	2,15		
Листопад 2006	0,029±0,021	34,70±26,70	0	0,067±0,037	2,34±1,05	0	6,73±4,19		
Грудень 2006	0,025±0,004	5,03±1,88	0	0	3,40±0,40	0,020±0,010	4,60±0,07		
Червень 2007	0,03	5,1	0,02	0	4,28	0,26	12		
Серпень 2007	0,02	4,39	0	0	3,04	0	7,13		
Вересень 2007	0,010±0,004	7,87±3,29	0	0	2,86±0,65	0	4,33±0,82		
Жовтень 2007	0,020±0,008	11,30±3,95	0	0,004±0,004	5,55±1,81	1,200±0,620	9,44±2,49		
Листопад 2007	0,023±0,005	98,40±67,00	0,002±0,002	0,195±0,156	2,53±0,76	0,077±0,077	16,20±8,94		
Грудень 2007	0,010±0,0001	13,60±4,69	0	0,025±0,018	3,35±0,96	0	3,76±0,86		
Середнє	0,019±0,008	15,20±10,10	0,008±0,005	0,027±0,022	3,11±1,06	0,34±0,30	6,09±2,26		

Примітка: 0 — означає, що концентрація даного іону нижче порогу визначення.

реєструвались 15 років тому по всій акваторії Чорного моря. Таким чином можна зробити висновок, що район о. Зміїного є достатньо придатний і репрезентативний для розміщення станції атмосферного моніторингу не тільки національного, а і міжнародного рівня.

Таблиця 5.6

Середні концентрації (мг/л) іонів в атмосферних опадах

Рік	Середні концентрації іонів в опадах, мг/л		
	NH_4^+	NO_3^-	SO_4^{2-}
Район о. Зміїного (2003–2007 рр.)	0,89±0,49	3,11±1,06	6,09±2,26
Акваторія Чорного моря (1990–1992 рр.) [3]	0,4–8,0	2,7–8,2	2,8–16,0

5.4. ОЦІНКА КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ВКЛАДУ БІОГЕННИХ СПОЛУК В АТМОСФЕРУ НАД ОСТРОВИМ

Відомо [1, 4, 14], що одним з джерел надходження забруднюючих речовин в Чорне море є атмосферний перенос з європейського континенту, який для відкритих районів моря може бути більшим, ніж річковий та теригенний стоки.

Однією з цілей атмосферного моніторингу, який проводиться на о. Зміїному, є виявлення природи походження іонного складу відкладень і атмосферних опадів, тобто оцінка частки забруднюючих речовин взагалі та сполук азоту зокрема, які переносяться в приводну атмосферу з континенту.

Для виявлення природи іонного складу проб відкладень та опадів нами проведений аналіз співвідношень всіх зареєстрованих іонів до іону натрію (табл. 5.7, 5.8), вважаючи, що основним джерелом натрій-іону в приводній атмосфері над о. Зміїним є морська поверхня, яка продукує аерозолі морського походження [6]. Для аерозолу морського походження будуть характерні співвідношення іонів, які спостерігаються у морській воді [12].

Порівняння реальних співвідношень іонів у зразках сумарних відкладень (сухі та вологі відкладення) та атмосферних опадів з співвідношеннями іонів у морській воді показали, що для всіх іонів біогенних сполук спостерігається збагачення у пробах відкладень. Найбільш високі коефіцієнти збагачення спостерігаються для іону амонію (456), фосфат-іону (224) та нітрат-іону (221). Для зразків атмосферних опадів

Таблиця 5.7

**Іонні відношення у атмосферних відкладеннях на поверхню о. Зміїного
в 2003–2007 рр.**

Місяць, рік	Відношення концентрацій іонів у атмосферних відкладеннях				
	$\text{NH}_4^+/\text{Na}^+$	$\text{NO}_2^-/\text{Na}^+$	$\text{NO}_3^-/\text{Na}^+$	$\text{PO}_4^{3-}/\text{Na}^+$	$\text{SO}_4^{2-}/\text{Na}^+$
Серпень 2003	0,1381	0,00328	0,205	0,050	0,61
Вересень 2003	0,0986	0,00014	0,120	0,029	0,28
Жовтень 2003	0,6136	0,00000	0,181	3,258	0,76
Листопад 2003	0,0662	0,00000	0,269	0,051	0,57
Грудень 2003	0,0150	0,00005	0,128	0,002	0,42
Січень 2004	0,0286	0,00174	0,133	0,005	0,47
Червень 2004	0,6232	0,00000	0,589	0,313	0,66
Липень 2004	0,2936	0,00099	0,335	0,091	0,81
Серпень 2004	0,3007	0,00044	0,327	0,332	0,69
Вересень 2004	0,1075	0,00000	0,230	0,028	0,55
Жовтень 2004	0,0789	0,00000	0,165	0,029	0,43
Листопад 2004	0,0403	0,00207	0,220	0,032	0,57
Квітень 2005	0,2667	0,00000	0,366	0,093	0,80
Травень 2005	2,8871	0,00210	0,908	1,328	1,85
Червень 2005	0,3118	0,00003	0,197	0,079	0,58
Липень 2005	0,1043	0,00000	0,111	0,026	0,45
Серпень 2005	0,2423	0,00023	0,300	0,118	0,61
Вересень 2005	0,0178	0,00000	0,096	0,005	0,35
Жовтень 2005	0,0130	0,00000	0,076	0,024	0,37
Листопад 2005	0,0095	0,00000	0,086	0,009	0,36
Грудень 2005	0,0002	0,00004	0,054	0,002	0,35
Січень 2006	0,0001	0,00002	0,123	0,048	0,42
Лютий 2006	0,0004	0,00032	0,204	0,009	0,42
Березень 2006	0,0008	0,00156	0,044	0,008	0,33
Квітень 2006	0,7143	0,00000	0,557	0,768	1,17
Травень 2006	0,3098	0,00542	0,361	0,426	0,94
Червень 2006	0,0753	0,00000	0,120	0,015	0,44
Липень 2006	0,0060	0,00007	0,049	0,012	0,30
Серпень 2006	0,0343	0,00000	0,271	0,009	0,56
Вересень 2006	0,0258	0,00000	0,119	0,034	0,39
Жовтень 2006	0,0986	0,00009	0,140	0,131	0,51
Листопад 2006	0,0084	0,00004	0,035	0,010	0,39
Грудень 2006	0,0003	0,00003	0,178	0,007	0,44
Травень 2007	1,1117	0,00000	0,340	0,915	0,98
Червень 2007	0,1608	0,00000	0,135	0,042	0,44
Липень 2007	0,3745	0,00000	0,268	0,151	0,52

Продовження табл. 5.7

Місяць, рік	Відношення концентрацій іонів у атмосферних відкладеннях				
	$\text{NH}_4^+/\text{Na}^+$	$\text{NO}_2^-/\text{Na}^+$	$\text{NO}_3^-/\text{Na}^+$	$\text{PO}_4^{3-}/\text{Na}^+$	$\text{SO}_4^{2-}/\text{Na}^+$
Серпень 2007	0,0294	0,00060	0,064	0,011	0,42
Вересень 2007	0,2047	0,00687	0,263	0,009	0,63
Жовтень 2007	0,1635	0,00056	0,263	0,112	0,61
Листопад 2007	0,0237	0,00000	0,068	0,010	0,32
Грудень 2007	0,0133	0,00000	0,100	0,000	0,32
Середнє	0,2282	0,00056	0,221	0,224	0,57
Морська вода [8]	0,0005	0,00015	0,001	0,001	0,24
Середній коефіцієнт збагачення	456	3,77	221	224	2,38

Таблиця 5.8

Іонні відношення в атмосферних опадах в районі о. Зміїного у 2003–2007 рр.

Місяць, рік	Відношення концентрацій іонів в атмосферних опадах				
	$\text{NH}_4^+/\text{Na}^+$	$\text{NO}_2^-/\text{Na}^+$	$\text{NO}_3^-/\text{Na}^+$	$\text{PO}_4^{3-}/\text{Na}^+$	$\text{SO}_4^{2-}/\text{Na}^+$
Грудень 2003	0,0080	0,003	0,133	0,007	0,38
Червень 2004	0,0953	0,013	1,389	0,018	1,11
Липень 2004	0,4472	0,000	1,025	0,000	2,86
Серпень 2004	1,1264	0,018	1,184	0,150	1,72
Вересень 2004	0,0172	0,000	0,181	0,001	0,59
Жовтень 2004	0,3215	0,000	0,822	0,045	1,21
Листопад 2004	0,0539	0,008	0,628	0,055	1,15
Травень 2005	7,0694	0,007	3,257	2,521	5,44
Червень 2005	0,1919	0,000	0,585	0,000	1,61
Серпень 2005	0,1677	0,000	1,116	0,000	3,79
Вересень 2005	0,0458	0,000	0,571	0,000	0,98
Жовтень 2005	0,1240	0,000	0,521	0,000	0,83
Листопад 2005	0,0484	0,000	0,422	0,000	0,52
Грудень 2005	0,0046	0,000	0,211	0,000	0,40
Січень 2006	0,0169	0,000	0,331	0,000	0,56
Лютий 2006	0,0623	0,000	0,862	0,055	0,87
Березень 2006	0,2517	0,000	0,233	0,137	0,58
Квітень 2006	0,0280	0,001	0,507	0,024	0,82
Травень 2006	0,6453	0,001	2,014	1,652	4,18
Червень 2006	0,6194	0,000	0,597	0,000	1,61
Липень 2006	0,0000	0,000	0,741	0,021	0,86

Продовження табл. 5.8

Місяць, рік	Відношення концентрацій іонів в атмосферних опадах				
	$\text{NH}_4^+/\text{Na}^+$	$\text{NO}_2^-/\text{Na}^+$	$\text{NO}_3^-/\text{Na}^+$	$\text{PO}_4^{3-}/\text{Na}^+$	$\text{SO}_4^{2-}/\text{Na}^+$
Серпень 2006	0,0216	0,001	0,181	0,001	0,60
Вересень 2006	0,0196	0,000	0,744	0,000	0,83
Жовтень 2006	0,2727	0,006	1,006	0,000	1,40
Листопад 2006	0,0000	0,000	0,114	0,000	0,33
Грудень 2006	0,0000	0,000	1,064	0,006	1,44
Червень 2007	0,5063	0,005	1,073	0,065	3,01
Серпень 2007	0,7269	0,000	1,221	0,000	2,86
Вересень 2007	0,1139	0,000	0,590	0,000	0,89
Жовтень 2007	0,2691	0,000	0,833	0,180	1,42
Листопад 2007	0,0072	0,000	0,052	0,002	0,33
Грудень 2007	0,0568	0,000	0,438	0,000	0,49
Середнє	0,4168	0,0020	0,770	0,154	1,43
Морська вода [8]	0,0005	0,00015	0,001	0,001	0,24
Середній коефіцієнт збагачення	834	13,5	770	154	5,95

значення співвідношень склали для іону амонію — 834, для нітрат-іону — 770, для фосфат-іону — 154.

Для інших іонів, які реєструвались в зразках атмосферних відкладень і опадів, коефіцієнт збагачення був значно меншим. Тобто, можна зробити висновок, що головними шляхами надходження біогенних речовин (сполук азоту та фосфору) є не поверхня моря, а дальній атмосферний перенос у район о. Зміїного від джерел, що розташовані на континенті [6].

Якщо від загальної маси відняти внесок природного аерозолі морського походження, то можна розрахувати внесок іонів, які потрапляють до приводної атмосфери Чорного моря в районі о. Зміїного за рахунок переносу від природних та антропогенних джерел, що розташовані на континенті. Аналіз результатів оцінки такого континентального внеску (табл. 5.9) показав, що в середньому 99,2; 90,3; 87,5 і 50,3 % іонів нітрату, фосфату, амонію і сульфату відповідно переносяться в приводну атмосферу о. Зміїного від природних та антропогенних джерел, що розташовані на континенті. Лише для нітрит-іону частка континентального внеску складає 25,5 %. Для атмосферних опадів внесок континентальних джерел для іонів нітрату, амонію, сульфату і фосфату (табл. 5.10) складає 99,7; 91,9; 70,7 і 43,7 % відповідно. Частка іонів нітриту конти-

нентального походження в атмосферних опадах в середньому складала 33,4 %, що свідчить про те, що головним джерелом цього іону є морська поверхня. Стосовно фосфат-іонів ми можемо зробити висновок, що континентальний і морський внесок в сумарну масу приблизно однакові. На підставі отриманих нами даних про інтенсивність сумарних відкладень іонів та оцінки відносного вкладу континентальних джерел (табл. 5.1 і 5.9) проведено кількісну оцінку щорічної інтенсивності відкладень іонів на поверхню моря в районі о. Зміїного (табл. 5.11).

Таблиця 5.9

Відносний внесок (%) континентальних джерел у відкладення іонів на поверхню о. Зміїного

Місяць, рік	Континентальний внесок (%) у відкладеннях				
	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-	PO_4^{3-}	SO_4^{2-}
Серпень 2003	99,6	95,4	99,5	98,0	60,9
Вересень 2003	99,5	0,0	99,2	96,6	14,2
Жовтень 2003	99,9	0,0	99,4	100,0	68,5
Листопад 2003	99,2	0,0	99,6	98,0	58,2
Грудень 2003	96,7	0,0	99,2	57,2	42,3
Січень 2004	98,3	91,4	99,3	81,8	48,5
Червень 2004	99,9	0,0	99,8	99,7	63,6
Липень 2004	99,8	84,9	99,7	98,9	70,5
Серпень 2004	99,8	65,8	99,7	99,7	65,1
Вересень 2004	99,5	0,0	99,6	96,4	56,4
Жовтень 2004	99,4	0,0	99,4	96,5	44,0
Листопад 2004	98,8	92,7	99,5	96,9	58,1
Квітень 2005	99,8	0,0	99,7	98,9	70,0
Травень 2005	100,0	92,9	99,9	99,9	87,0
Червень 2005	99,8	0,0	99,5	98,7	58,3
Липень 2005	99,5	0,0	99,1	96,2	47,2
Серпень 2005	99,8	34,7	99,7	99,2	60,8
Вересень 2005	97,2	0,0	99,0	80,3	31,3
Жовтень 2005	96,2	0,0	98,7	95,8	35,4
Листопад 2005	94,7	0,0	98,8	88,9	33,1
Грудень 2005	0,0	0,0	98,2	36,4	32,4
Січень 2006	0,0	0,0	99,2	97,9	42,9
Лютий 2006	0,0	52,7	99,5	88,6	43,3
Березень 2006	38,2	90,4	97,7	86,9	26,7
Квітень 2006	99,9	0,0	99,8	99,9	79,6
Травень 2006	99,8	97,2	99,7	99,8	74,5
Червень 2006	99,3	0,0	99,2	93,4	45,9
Липень 2006	91,7	0,0	98,0	91,3	20,7

Продовження табл. 5.9

Місяць, рік	Континентальний внесок (%) у відкладеннях				
	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-	PO_4^{3-}	SO_4^{2-}
Серпень 2006	98,5	0,0	99,6	89,0	57,0
Вересень 2006	98,1	0,0	99,2	97,1	37,9
Жовтень 2006	99,5	0,0	99,3	99,2	52,5
Листопад 2006	94,1	0,0	97,1	90,4	38,6
Грудень 2006	0,0	0,0	99,4	86,6	45,8
Травень 2007	100,0	0,0	99,7	99,9	75,5
Червень 2007	99,7	0,0	99,3	97,6	45,0
Липень 2007	99,9	0,0	99,6	99,3	54,3
Серпень 2007	98,3	75,2	98,4	90,7	42,5
Вересень 2007	99,8	97,8	99,6	89,2	61,7
Жовтень 2007	99,7	73,1	99,6	99,1	60,7
Листопад 2007	97,9	0,0	98,5	90,4	25,0
Грудень 2007	96,2	0,0	99,0	0,0	25,8
Середнє	87,5	25,5	99,2	90,3	50,3

Таблиця 5.10

**Відносний внесок (%) континентальних джерел у відкладеннях іонів
на поверхню о. Зміїного в пробах дощу**

Місяць, рік	Континентальний внесок (%) в атмосферних опадах				
	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-	PO_4^{3-}	SO_4^{2-}
Грудень 2003	93,8	95,1	99,2	85,9	37,4
Червень 2004	99,5	98,8	99,9	94,5	78,4
Липень 2004	99,9	0,0	99,9	0,0	91,6
Серпень 2004	100,0	99,2	99,9	99,3	86,0
Вересень 2004	97,1	0,0	99,4	22,3	59,0
Жовтень 2004	99,8	0,0	99,9	97,8	80,2
Листопад 2004	99,1	98,2	99,8	98,2	79,2
Травень 2005	100,0	97,8	100,0	100,0	95,6
Червень 2005	99,7	0,0	99,8	0,0	85,1
Серпень 2005	99,7	0,0	99,9	0,0	93,7
Вересень 2005	98,9	0,0	99,8	0,0	75,5
Жовтень 2005	99,6	0,0	99,8	0,0	71,1
Листопад 2005	99,0	0,0	99,8	0,0	53,8
Грудень 2005	89,2	0,0	99,5	0,0	39,5
Січень 2006	97,0	0,0	99,7	0,0	57,1
Лютий 2006	99,2	0,0	99,9	98,2	72,3
Березень 2006	99,8	58,5	99,6	99,3	58,4
Квітень 2006	98,2	87,3	99,8	95,9	70,6

Продовження табл. 5.10

Місяць, рік	Континентальний внесок (%) в атмосферних опадах				
	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻
Травень 2006	99,9	87,4	100,0	99,9	94,3
Червень 2006	99,9	0,0	99,8	0,0	85,1
Липень 2006	0,0	0,0	99,9	95,3	72,2
Серпень 2006	97,7	85,6	99,4	0,0	60,2
Вересень 2006	97,5	0,0	99,9	0,0	70,9
Жовтень 2006	99,8	97,7	99,9	0,0	82,8
Листопад 2006	0,0	0,0	99,1	0,0	26,8
Грудень 2006	0,0	0,0	99,9	84,1	83,3
Червень 2007	99,9	97,0	99,9	98,5	92,0
Серпень 2007	99,9	0,0	99,9	0,0	91,6
Вересень 2007	99,6	0,0	99,8	0,0	73,1
Жовтень 2007	99,8	0,0	99,9	99,4	83,0
Листопад 2007	93,1	0,0	98,1	36,5	27,9
Грудень 2007	99,1	0,0	99,8	0,0	51,1
Середнє	91,9	33,4	99,7	43,7	70,7

Таблиця 5.11

Середньорічні значення інтенсивності відкладень (кг/(км²*рік)) іонів на поверхню о. Зміїного від континентальних джерел

Район Чорного моря	NH ₄ ⁺ (N)	NO ₂ ⁻ (N)	NO ₃ ⁻ (N)	PO ₄ ³⁻ (P)	SO ₄ ²⁻ (S)
Район о. Зміїний, 2003–2007 рр.	405±20	1,76±0,17	243±7	41,5±2,5	1225±47
Акваторія Чорного моря, 1990–1992 рр. [3]	450	-	125	-	610
Північно-західна частина Чорного моря, 1990–1992 рр. [3]	584	-	91	-	474

Результати цієї оцінки показали, що на поверхню моря щорічно відкладається 1225±47 кгS/км² у формі сульфат-іону, 650±27 кгN/км² у формі амоній-іону, нітрат-іону та нітрит-іону та 41,5±2,5 кгP/км² у формі фосфат-іону. Порівняння отриманих нами у 2003–2007 рр. оцінок з результатами 1990–1992 рр. [3] показали, що сучасні відкладення нітрат-іону збільшились у 2 рази відносно показника по всій акваторії Чорного моря та в 2,7 разів відносно північно-західної частини басейну. Аналогічна ситуація склалась і з інтенсивністю відкладень сульфат-іону: вони зросли у 2 та 2,6 рази відповідно.

Кількість амоній-іону, який випадає на поверхню острова, зараз відповідає рівню, характерному для акваторії всього Чорного моря, та одночасно у 1,4 рази є меншою відносно показників для північно-західної частини Чорного моря у 1990–1992 рр. [3].

Сучасні рівні забруднення атмосферного повітря, яке переноситься на Чорне море з європейських країн, на нашу думку, обумовлені розвитком виробництва і енергетики причорноморських країн, що вступили до ЄС і прискорено розвиваються.

До 2003 р. оцінки інтенсивності сумарних відкладень, зокрема сполук азоту та сірки, на підстилаючу поверхню Чорного моря проводилися лише у 1990–1992 рр. [3] в рамках комплексної програми екологічного моніторингу Чорного моря. В 2003–2007 рр. в районі о. Зміїного спостерігається тренд підвищення інтенсивності сумарних відкладень сполук азоту. Причини цього потребують подальшого вивчення. Експериментальна оцінка сумарного атмосферного потоку фосфатів у Чорне море проведена вперше, тому оцінити тенденції змін атмосферного потоку фосфору у Чорне море неможливо. Подальші дослідження вмісту сполук азоту та фосфору в атмосферних опадах та відкладеннях дозволять нам виявити роль вологого та сухого виведення сполук азоту та фосфору з атмосфери над Чорним морем.

На закінчення слід зауважити, що спостереження за іонним складом атмосферних відкладень та атмосферних опадів в районі о. Зміїного були проведені вперше. Ми впевнені, що надалі для ретельної оцінки атмосферного забруднення, його джерел та стоків, стану екосистеми в цілому, антропогенного впливу та апскейлінгу цих даних на всю територію північно-західної частини Чорного моря потрібні додаткові цілорічні дослідження газового та аерозольного складу повітря, зокрема оцінка концентрацій двоокису вуглецю, окисів азоту та інших парникових газів. Подальші дослідження забруднювачів в атмосферних опадах та відкладеннях, які випадають на поверхню о. Зміїного, дозволять нам вивчити та виявити роль різних джерел та стоків забруднення, а також роль внеску вологого та сухого виведення сполук азоту та інших шкідливих речовин з атмосфери над Чорним морем.

Розділ 6

АСТРОНОМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

6.1. ТЕЛЕВІЗІЙНЕ МЕТЕОРНЕ ПАТРУЛЮВАННЯ НА О. ЗМІЇНОМУ

Дослідження зображень метеорів у поєднанні з їх кінематичними характеристиками дає можливість вивчити фізичні особливості кожного явища. Ці особливості пов'язані не тільки з властивостями самої пилової частинки, але з її перебуванням на тих висотах атмосфери, на яких відбувається найбільш активна взаємодія частинки з газовими складовими (70–120 км.)

Для успішних спостережень у край важлива відсутність штучного забруднення атмосфери та засвічення нічного неба. Остання умова на території України притаманна о. Зміїному, оскільки віддаленість острова від материка створює сприятливі умови для проведення астрономічних спостережень.

6.1.1. Опис експедицій та спостережних інструментів

В оптичному діапазоні найбільш невивченими є метеорні потоки, які можуть спостерігатися тільки телескопічним способом, оскільки існуюча фотографічна спостережна техніка (від світлосильних короткофокусних камер до супер-Шмідтів) не дозволяє спостерігати метеорні явища, слабші за $+4^m$.

Основними кінематичними параметрами метеорних явищ є висота, швидкість і координати індивідуального радіанта метеора. Для визначення величин необхідно проводити спостереження одного й того ж метеорного явища на двох або більше оптичних інструментах, рознесених на достатню відстань. Такі спостереження у метеорній астрономії називають базисними, а метеор, зафіксований одночасно на даних камерах, — базисним метеором.

У 2003 р. було проведено першу експедицію для вивчення і вибору місця розташування метеорного патруля. Придатним для проведення метеорних спостережень виявився район у південній частині острова, де рельєф місцевості захищає від засвічення маяка.

У 2004 р. були проведені перші фотографічні метеорні спостереження. Використовувалися дві фотокамери типу “Зеніт” і фотоплівки “KODAK 200” і “KODAK 400”. За весь період спостережень було зафіксовано більше двох десятків метеорних явищ. Отриманий матеріал показав перспективність проведення метеорних спостережень на острові надалі.

Під час експедиції на о. Зміїний у 2005 р. було вперше організовано метеорний патруль з використанням об’єктиву Уран-9. Як панорамний приймач випромінювання використовувалася монохромна камера “Watec LCL-902K”, що працює в телевізійному режимі. Робота камери дозволяє фіксувати метеорні явища з часовою роздільною здатністю 0,02 сек [2]. Метеорний патруль був змонтований на спеціальній колонні.

У подальших експедиціях, згідно з методикою базисних спостережень, були організовані два пункти (рис. 6.1.1), оснащені оптичними інструментами.

Поблизу інструментів було встановлено намет — операторське приміщення для спостерігача, де розташовувався комп’ютер, сполучений за допомогою кабелів з оптичною системою.

У сезони 2006–2007 рр. проводилися синхронні спостереження за допомогою камер, оснащених об’єктивами П-5, КО-140 та телескопом-рефлектором Т-1. У всіх випадках як панорамний приймач випромінювання використовувалася монохромна камера “Watec LCL-902K”. На рис. 6.1.2 дано загальний вигляд, а у табл. 6.1.1 — оптичні характеристики вказаних інструментів.

Вся оптична система була встановлена на штативах з можливістю автоматичного гідуння зі швидкістю обертання небесної сфери, що необхідно для спостережень в одній ділянці неба одночасно в усіх пунктах.

Таблиця 6.1.1

Оптичні характеристики телескопів

Об’єктив	F, см	Поле зору	m_v
Уран-9	25	$1^\circ \times 1.5^\circ$	9,0 ^m
П-5	14	$2^\circ \times 2.5^\circ$	10,0 ^m
КО-140	14	$2^\circ \times 2.5^\circ$	11,5 ^m
Т-1	55	$32' \times 45'$	11,5 ^m

За допомогою GPS-приймача визначалися геодезичні координати спостережних інструментів. Базисні відстані між пунктами вимірюва-

лися кількома методами. Найбільш вдалим виявився метод із застосуванням т. з. “лазерної указки”. У цих експедиціях базисна відстань була порядку 80 м (наприклад, в 2006 р. базисна відстань складала 78 м, у 2007 р. — 82,5 м).

Для забезпечення синхронізації часу пункти були зв’язані комп’ютерною мережею. Часова прив’язка здійснюється за допомогою GPS-приймача на одній із станцій. Після цього проводилася прив’язка часу другої станції. Додатково обидві оптичні системи були зв’язані пристроєм, який дозволяв видавати одночасні імпульсні світлові спалахи перед об’єктивами. Пристрій забезпечував внутрішню покадрову синхронізацію часу при фіксації метеора на обох інструментах.

6.1.2. Методика спостережень

Необхідною величиною в подальших розрахунках є азимут напрямку базисної лінії. Для знаходження азимуту в 2007 р. застосували наступну методику. На телескопі Т-1 встановили на оптичній осі світлодіод. Після цього у нічний час доби телескопи (Т-1 і КО-140) спрямували один на одного. З пульту керування установкою КО-140 в певний момент часу t зняли значення екваторіальних координат світлодіоду. Далі ці координати були перераховані в горизонтальні. Як результат, були отримані астрономічні горизонтальні координати базисної лінії (видимість установки Т-1 на тлі небесної сфери відносно КО-140): азимут $A=154$. 31 градуси від точки півдня і висота $H=+2,47$ градуси від горизонту установки КО-140. Для контролю азимут було приблизно визначено за допомогою туристичного магнітного компаса. У результаті отримали $A=150$ кутових градусів (від точки півдня). У разі фіксації базисного метеора, ці горизонтальні координати переводяться в екваторіальні координати на момент прольоту метеора. Останні координати необхідні для пошуку одночасних точок метеорних зображень, отриманих на обох інструментах за критерієм Бесселя. Згідно з цим критерієм, одночасні точки базисних метеорних зображень та екваторіальні координати напрямку базисної лінії повинні лежати на одному паралактичному колі.

Спостереження необхідно проводити з довгофокусними і світлосильними об’єктивами. Але, як наслідок, збільшення фокусної відстані об’єктивів призводило до зменшення полів зору оптичної системи (у нашому випадку поле зору становило не більше 2,5 кутових градусів).

Невелика відстань між пунктами дозволяє наводити установки на загальну зірку гідуювання (покривається загальне поле зору). Наявність

гідуючих установок дає можливість тримати зірку гідуювання впродовж необхідного проміжку часу.

Спостережним комплексом (рис. 6.1.3) є штатив, оснащений електронним приводом стеження, на якому встановлено оптичну систему. Зображення спостережуваної ділянки неба з ПЗС-камери передається на комп'ютер в операторську.

Для спостережень вибираються ділянки неба, де передбачається метеорна активність, як за каталогом відомих періодичних метеорних потоків, так і за наслідками попередніх спостережень.

Відкритий горизонт на острові і відсутність засвічення дозволяє спостерігати перспективні ділянки низько над горизонтом та проконтролювати більшу кількість радіантів.

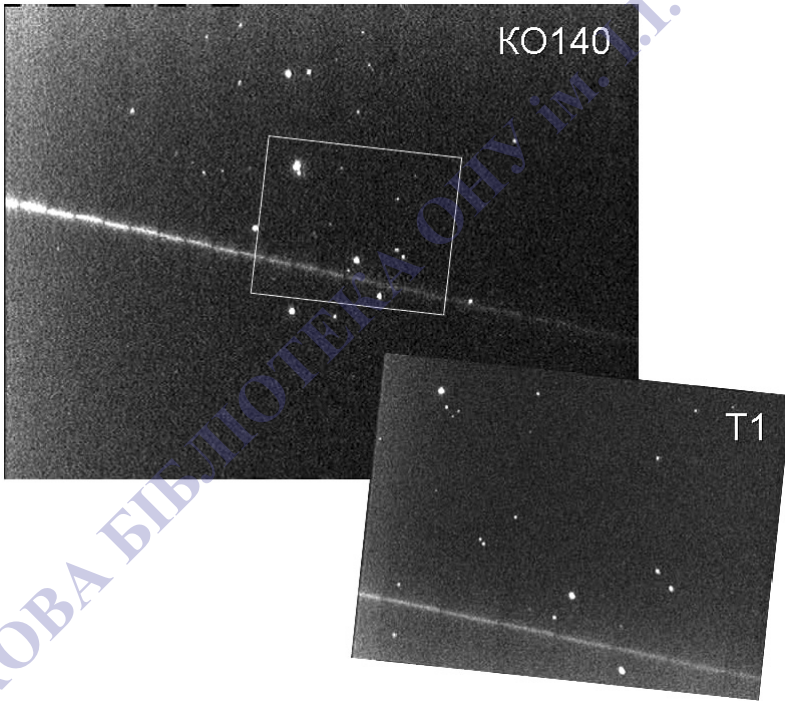


Рис. 6.1.4. Синхронні спостереження метеорів телескопом Т-1 і камерою з об'єктивом КО-140

По селекторному зв'язку спостерігачі погоджують та наводять оптичні системи на загальну ділянку неба. Спостереження на обох метеорних патрулях починаються одночасно і проводяться серіями по 15 хвилин. Кожна серія спостережень є відеофільмом (у форматі AVI). У момент запису відеофільму кожен спостерігач відзначає на моніторі

комп'ютера наявність метеорів. Якщо метеор було зафіксовано, спостерігач включає пристрій синхронізації часу, описаний вище, при цьому одночасно перед кожним об'єктивом запалюються світлодіоди. Після закінчення запису проводиться попередня обробка і збереження фрагменту відеофільму з метеором. Додатково в журнал спостережень записуються дані про час та тривалість серії фільму, час мітки синхронізації, номер зірки гідуювання (або екваторіальні координати ділянки спостережень) і тому подібне. Кожному зафіксованому метеорному явищу привласнюється номер. Після ночі спостережень всі фільми проходять первинну обробку і архівуються. На рис. 6.1.4 наведено приклад метеорного явища, одночасно зафіксованого патрулями.

6.1.3. Програмне забезпечення

Кращими умовами для перевірки створеного в НДІ “Астрономічна обсерваторія” програмного забезпечення є експедиції, оскільки в умовах короткого терміну, коли ситуація з метеорною активністю постійно змінюється, необхідно ухвалювати оперативні рішення до спостережень у подальшу ніч. Тому після ночі метеорного патрулювання спостережний матеріал оперативно надходить у базу даних за допомогою розробленого програмного забезпечення та проходить автоматичну первинну обробку.

Процедура обробки включає роботу з телевізійними фільмами спостережень та первинної обробки зоряних і метеорних зображень. На наступному етапі проводиться ототожнення спостережених ділянок зоряного неба, а потім вимірювання зоряних і метеорних зображень. Кінцевим етапом обробки є отримання високоточних координат точок метеорних траєкторій, їхніх полюсів великих кіл, координат радіантів, кривих блиску метеорних явищ і тому подібне.

Методику позиційних вимірювань телевізійних зображень телескопічних метеорів детально викладено у [3]. Нижче наведено основні комп'ютерні програми та схеми їхньої роботи.

Для первинної обробки спостережного матеріалу використовуються:

1. *AVICutter* — програма для роботи з телевізійними фільмами спостережень і первинної обробки зоряних та метеорних зображень (рис. 6.1.5).

2. *Combo* — програма для створення на основі N кадрів комбінованого знімку, що складається з фрагментів із зображеннями метеора у єдиній системі координат (рис. 6.1.6).

Для позиційних вимірювань метеорів:

1. *PSF* — програма для ототожнення спостережуваних ділянок зоряного неба. Здійснює позиційну прив'язку до зоряних зображень за методом Тернера (рис. 6.1.7).

2. *PicScan* — програма для вимірювань траєкторій телевізійних зображень метеорів.

3. *Meteor Pole* — програма для обчислення полюсів великих кіл метеорних траєкторій.

4. *FROSA* — програма для отримання координат метеорного радіанта методом Станюковича за небазисними спостереженнями.

Для фотометричних вимірювань метеорів:

1. *MeFoMer* — програма для фотометричних вимірювань телевізійних зображень зірок і метеорів;

2. *Meteor Model* — програма для моделювання кривих блиску метеорів.

Для роботи зі спостережуваним матеріалом і формування бази даних:

1. *CheckPoint* — формування і аналіз спостережуваних даних і первинної обробки спостережень;

2. *Meteor Manager* — формування метеорної бази даних;

3. *Control Data* — контроль позиційних і фотометричних вимірювань метеорних зображень;

4. *Meteor Card File* — аналіз спостережуваних даних, позиційних і фотометричних вимірювань, кінематичних та фотометричних параметрів метеорних явищ.

6.1.4. Основні результати та їхній аналіз

У 2003–2006 рр. період експедиції припадав на серпень, характерний дією великого числа метеорних потоків. Найбільш відомий потік — Персеїди.

Телевізійні спостереження з об'єктивом Р-5 в ніч з 9 на 10 серпня 2006 р. на ділянці неба з координатами: $\alpha = 2^{\text{h}} 21^{\text{m}}$ $\delta = +57^{\circ} 14'$ дали багато метеорів (4 з 7), зафіксованих у момент початку метеорного явища. Один з них у межах поля зору камери пройшов повну стадію метеорного явища. Все це свідчить про те, що спостереження проводилися поблизу ділянки радіації метеорного потоку Персеїди.

У 2007 р. було виявлено метеорний потік, який спостерігався з 15 по 22 липня (табл. 6.1.2).

У таблиці наведено спостережувані дані для установки КО-140 (телескоп Т-1 має менше поле зору): дата ночі спостереження, екваторіальні

координати ділянки спостереження, кількість зафіксованих метеорів, загальний час патрулювання району (хвилини), індекс телескопічної активності (r_t), який розраховувався за формулою:

$$r_t = \frac{n}{St},$$

де n — кількість зафіксованих метеорів, S — площа спостережуваної ділянки (у квадратних градусах), t — загальний час патрулювання (години). Поле зору установки КО-140 має 5 квадратних градусів.

Таблиця 6.1.2

Статистика спостережень на установці КО-140 поблизу зірки μ And в 2007 р.

Дата	Екваторіальні координати центру ділянки спостереження		Кількість метеорів	Час патрулювання ділянки (хвилини)	Індекс телескопічної активності
	α	δ			
15/16. 07	1 ^h 12 ^m	+35° 10'	2	60	0,40
16/17. 07	1 ^h 09 ^m	+35° 37'	6	135	0,54
17/18. 07	1 ^h 09 ^m	+35° 37'	2	75	0,16
17/18. 07	0 ^h 56 ^m	+38° 30'	5	60	1,0
19/20. 07	1 ^h 09 ^m	+35° 37'	1	30	0,40
20/21. 07	0 ^h 56 ^m	+38° 30'	5	150	0,40
21/22. 07	0 ^h 56 ^m	+38° 30'	1	45	0,28

З таблиці видно, що максимум телескопічної активності припав на ніч спостережень 17 липня з радіантом, близьким до зірки μ And (координати центру ділянки спостереження $\alpha = 0^h 56^m$, $\delta = +38^\circ 30'$). Цей потік містив багато яскравих метеорів. Ототожнити метеори з будь-яким відомим періодичним потоком не вдалося. Можливо це прояв нового невідомого метеорного потоку.

В ніч з 20 на 21 липня 2007 р. була візуально помітна підвищена метеорна активність з ділянками радіації, розкиданими по всьому небу. Зокрема відмічена активність слабких телескопічних метеорів поблизу зірки μ And.

Проте найсильніше здивували Дельта Аквариди. Це один з багатющих потоків південного неба, він був відмічений в Китаї вже в XI ст. Радіант цього потоку знаходиться в сузір'ї Водолія. Взагалі вважається, що Дельта Аквариди — це два окремі потоки. Південний потік спостереігається впевненіше і має тривалість з 14 липня по 18 серпня. Максимальна активність припадає на 28 липня (екваторіальні координати радіанта $\alpha = 22^h 30^m$ $\delta = -17^\circ$).

За одними джерелами тривалість Північного потоку Дельта Акварид — з 16 липня по 10 вересня, а максимум припадає на 13 серпня. У Північних Дельта Акварид чіткий максимум не спостерігався. Їхня активність жодного разу не перевищила позначку 3 метеори за годину. За даними сучасної любительської організації ІМО (Міжнародна Метеорна Організація) потік активний з 23 липня по 22 серпня, максимум активності припадає на 28 липня з максимальним числом метеорів 4 і більше за годину.

В ніч з 26 на 27 липня 2007 р. нами був відмічений сплеск метеорної активності на ділянці неба з координатами $\alpha = 22^{\text{h}} 7^{\text{m}}$, $\delta = -05^{\circ} 23'$. За п'ять годин спостережень було зафіксовано 13 метеорів. На наступну ніч за 5,5 годин спостережено ще 12 метеорів. У ніч з 28 на 29 липня активність була вже на рівні спорадичного фону (зафіксовано тільки 2 метеорних явища) і надалі не підвищувалась. Метеори належать до потоку Дельта Аквариди.

Хоча вважається, що максимум цього потоку припадає на 28 липня, бачимо, що максимальне підвищення активності було на 1–2 доби раніше (26–27 липня). Координати ділянки телескопічних телевізійних спостережень були ближче до радіанта Північного потоку Дельта Акварид, аніж до Південного потоку Дельта Акварид.

За час експедиції отримано базисні метеори. Як приклад, у табл. 6.1.3 наведено список з шістнадцяти базисних метеорів, зафіксованих у липні 2007 р.

Не дивлячись на те, що зірки гідуння в більшості випадків на обох інструментах вибиралися однакові, не всі зафіксовані метеори є базисними. В основному це пов'язано з відмінністю розмірів полів зору камер, орієнтацією прольоту метеору по відношенню до меж полів зору і роздільною здатністю.

На рис. 6.1.8 наведено приклад базисного метеора, а також екваторіальні координати вимірних метеорних точок. Перспективний зсув на графіку видно досить упевнено. Для таких метеорів можна обчислити висоти, де відбулися явища, швидкість, радіант.

У 2007 р. була поставлена ще одна експериментальна мета — перевірка одностороннього методу визначення основних кінематичних характеристик метеора, який запропонував Станюкович [4]. Таке завдання впливає з тих міркувань, що індивідуальні радіанти метеорів з найбільшою точністю можна отримати тільки оптичним базисним методом. Але, як правило, відсоток базисних метеорів у такому разі дуже малий (< 20%). Навіть у випадку якщо базисний метеор був зафіксований,

Таблиця 6.1.3

Список базисних метеорів у 2007 р.

№	№ метеора		Дата (UTC)		Час (UTC)			Екваторіальні координати ділянки спостереження			
										день	місяць
	КО-140		Т-1								
1	0005	КО 2m09_100707_010	0003	Т1_1m09_100707_009	10	7	4	22	9	22,73	15,00
2	0008	КО 1m10_110707_011	0004	Т1_1m10_110707_007	11	7	3	25	55	22,68	14,50
3	0009	КО 1m11_120707_001	0005	Т1_1m11_120707_001	11	7	23	38	49	20,66	30,08
4	0015	КО 1m12_130707_002	0006	Т1_1m12_130707_002	13	7	0	39	32	20,62	31,28
5	0016	КО 1m12_130707_005	0007	Т1_1m12_130707_006	13	7	1	30	25	22,12	25,35
6	0019	КО 2m12_130707_010	0008	Т1_1m12_130707_010	13	7	3	31	36	22,15	45,27
7	0033	КО 1m16_170707_008	0011	Т1_1m16_170707_006	17	7	1	26	54	1,18	35,23
8	0048	КО 1m18_190707_008	0014	Т1_1m18_190707_008	19	7	0	47	13	22,15	33,17
9	0071	КО 1m24_250707_015	0023	Т1_1m24_250707_009	25	7	4	43	15	22,33	-0,46
10	0072	КО 1m26_270707_004	0026	Т1_1m26_270707_004	26	7	23	27	24	22,26	-5,63
11	0077	КО 1m26_270707_009	0027	Т1_1m26_270707_009	27	7	1	41	9	22,26	-5,63
12	0079	КО 1m26_270707_011	0028	Т1_1m26_270707_011	27	7	2	28	4	22,26	-5,63
13	0090	КО 1m27_280707_008	0030	Т1_1m27_280707_008	28	7	0	31	48	22,57	-17,65
14	0101	КО 1m28_290707_012	0034	Т1_1m28_290707_011	29	7	2	21	23	22,17	-11,55
15	0109	КО 1m30_310707_005	0038	Т1_1m30_310707_004	30	7	23	49	12	0,93	60,35
16	0110	КО 1m30_310707_008	0039	Т1_1m30_310707_006	31	7	0	49	3	0,93	60,35

паралактичний зсув або кут зближення може мати настільки малі значення, що унеможлиблює обчислення координат радіанта або ці координати обчислюються з великою похибкою.

Метод Станюковича вимагає, щоб метеор був зафіксований обтюраторним способом, тобто зображенням метеору була деяка кількість послідовних штрихів (велограма). Для середини кожного метеорного штриху відомі екваторіальні координати і час. Метод працює тільки в тому випадку, якщо кількість повних штрихів дорівнює або більше трьох. У нашому випадку обтюраторне зображення виходить за рахунок того, що кадрується відеофільм. Для кожного кадру час і координати точок метеору відомі з достатньою точністю [2, 3].

Прикладом для перевірки методу є базисний метеор, зафіксований 19 липня 2007 р. в $0^h 47^m 13^s$ за всесвітнім часом (UTC). У базу даних для установки КО-140 він занесений під номером 0048, а для Т-1 даний метеор має номер 0014. Використовуючи координати полюсів великих кіл, на яких лежать дуги фрагментів метеорних зображень, можна розрахувати кут зближення великих кіл, який дорівнює 5,5 кут. хвилин. При помилці вимірювання точок траєкторії 3 кут. секунди (у разі зображення метеору № 0048) і довжині дуги траєкторії 137 кут. хвилин, точність визначення полюса складає біля 2 кут. хвилин. В даний час координати радіанта метеорів, зняті фотографічним методом з довгофокусними і широкоформатними об'єктивами визначаються в середньому з точністю 1–2 градуси.

На велограмі метеора №0048 можна виділити 12 повних двадцятимілісекундних штрихів. На велограмі метеора №0014 міститься 3 двадцятимілісекундних штрихи. В обох випадках можна застосувати односторонній метод пошуку координат радіанта метеора. Координати радіанта метеора можна розрахувати за допомогою модернізованого одностороннього метода Станюковича [1].

Паралельно з основним результатом нашого патрулювання — реєстрацією метеорних об'єктів ми отримуємо додатковий продукт — фільми зі штучними супутниками Землі (ШСЗ), які також заносимо до нашої бази спостережень (табл. 6.1.4).

Метеорологічний аспект є важливим для проведення довготривалих систематичних астрономічних спостережень. Тому порівнюємо кількість ночей, придатних для спостережень метеорів, на о. Зміїний та на материк (метеорний патруль у Крижанівці поблизу міста Одеси). У табл. 6.1.5 наведено кількість ночей, які були сприятливі для спостережень (у дужках зазначено кількість ночей за весь період експедиції).

Можна зробити висновок про те, що кількість спостережних ночей за час експедицій була приблизно однаковою.

Таблиця 6.1.4

Статистика по спостережних сезонах

Об'єктив	Період спостережень	Спостережний час (години)		Число зафіксованих об'єктів	
		Темного часу (години)	Спостережений час (години)	Метеорів	ШСЗ
Уран-9	2005 р. (8 серпня — 27 серпня)	160	90.74	29	111
Р-5	2006 р. (5 серпня — 24 серпня)	156	94.60	84	142
Т-1			39.09	20	20
КО-140	2007 р. (8 липня — 1 серпня)	163	127.98	119	243
Т-1			116.26	45	80

Таблиця 6.1.5

Порівняння кількості спостережних ночей у зазначений період на о. Зміїному та спостережної станції у с. Крижанівка Одеської області

Період спостережень	Кількість спостережних ночей	
	Крижанівка	о. Зміїний
Серпень 2003	3 (7)	7 (7)
Серпень 2004	10 (18)	9 (18)
Серпень 2005	15 (20)	14 (20)
Серпень 2006	15 (20)	16 (20)
Липень 2007	23 (26)	25 (26)

6.1.5. Висновки

Проведені телескопічні телевізійні спостереження, під час яких були зафіксовані базисні метеори.

У 2003–2006 р. період експедицій припадав на серпень, характерний дією великої кількості метеорних потоків, найбільш відомим з яких є потік Персеїди. Спочатку фотографічні, а у подальшому телевізійні телескопічні спостереження виявили метеори цього потоку. У тому числі спостереження в ніч з 9 на 10 серпня 2006 р. проводилися на ділянці неба з координатами: $\alpha = 2^{\text{h}} 21^{\text{m}}$ $\delta = +57^{\circ} 14'$ (поблизу радіанта Персеїди), де виявили метеори у момент початку метеорного явища (4 з 7 зафіксованих).

Телевізійним телескопічним методом у 2007 р. з 15 по 22 липня був зафіксований новий невідомий метеорний потік, координати радіанта якого на момент максимуму (17 липня) становили $\alpha = 0^{\text{h}} 56^{\text{m}}$ $\delta = +38^{\circ} 30'$. Цьому потоку притаманні як яскраві метеори, так і метеори телескопічного типу. Щоб дізнатись про природу цього потоку, треба у наступних роках провести більш ретельні спостереження, а також дослідження отриманого матеріалу.

Спостереження у південній частині неба з екваторіальними координатами $\alpha = 22^{\text{h}} 7^{\text{m}}$ $\delta = -05^{\circ} 23'$ виявили підвищення метеорної активності з 26 по 28 липня 2007 р. За три ночі спостережень виявили 27 метеорів, які належать до потоку Дельта Аквариди. Хоча вважається, що максимум цього потоку припадає на 28 липня, під час експедиції було виявлено максимальне підвищення активності на 1 — 2 доби раніше (26–27 липня). Координати ділянки телескопічних телевізійних спостережень були ближче до радіанта Північного потоку Дельта Акварид, аніж до Південного потоку Дельта Акварид.

Відкритість горизонту, вкрай низьке засвічення неба, віддаленість від материка та високий відсоток спостережних ночей в літній сезон, а також отримані результати дають змогу зробити висновок про те, що о. Зміїний є унікальним місцем для розташування постійнодіючої спостережної станції.

6.2. ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕМНОЇ АТМОСФЕРИ НА О. ЗМІЙНОМУ У 2003–2006 РР.

Незважаючи на досягнення технічного прогресу та кількість проведених досліджень, однією з маловивчених складових навколишнього середовища залишається атмосфера. У наш час дослідження складу атмосфери, її динаміки та будови є дуже актуальними. Ці дослідження необхідні для різних галузей діяльності людини (запуски ракет, супутників, мобільний зв'язок, польоти літаків та ін.). Крім того, дослідження атмосфери необхідне у зв'язку із збільшенням антропогенного впливу на навколишнє середовище.

Дослідження атмосфери почалося із запусків балонів, аеростатів і реактивних снарядів, що брали проби повітря. Це дозволяло визначити приблизний склад атмосфери на висотах до 50 км у певній географічній точці. Проте застосування мас-спектрометрів дуже ускладнювало визначення складу частинок, що потрапляли у повітрязабірник. Вищі

шари атмосфери (вище 200 км) досліджуються за допомогою ракет, зондів, супутників. Також з 60-х рр. XX століття для дослідження атмосфери проводяться так звані лідарні спостереження (від англ. лідар — лазерне детектування атмосфери). Такі спостереження (вночі лазерний промінь певної довжини хвилі спрямований у небо, випромінювання збуджує частинки, до складу яких входить певний елемент, і в атмосфері з'являється “пляма”, що світиться, висота якої визначається геометрично) дозволяють отримати концентрацію та висоту знаходження певного елемента. Проте всі вищеперелічені способи дослідження атмосфери давали або неточні дані, або дані по одній географічній точці, тобто в цілому картина складу, будови та поведінки атмосфери залишалася не до кінця визначеною.

На початку XX століття в спектрах нічного неба було виявлено зелену лінію кисню з довжиною хвилі 5577 ангстремів. Потім, через деякий час, у спектрах було виявлено жовту лінію з довжиною хвилі 5892 ангстремів, ототожнену з натрієм. Було зроблено наступне припущення: світло неба вночі складається з двох частин, одна з яких являє собою сумарне світло від зірок, а інша пов'язана безпосередньо з атмосферою [2]. Так почалися спектральні дослідження атмосфери.

Спостереження спектрів атмосфери діляться на три типи: денні, сутінкові і нічні. Спектр денного неба дозволяє отримати загальну уяву про склад атмосфери та її стан. Сутінкові спостереження дозволяють визначати приблизний склад атмосфери на різних висотах. Дослідження нічного спектра атмосфери можуть дати уявлення про склад і стан верхніх шарів атмосфери.

У 2003 р. з метою дослідження розподілу інтенсивності випромінювання у спектрі свічення денного і сутінкового неба в районі о. Зміїного Метеорною групою Одеської обсерваторії (АО ОНУ) було створено прилад — скануючий призмий спектрораф. Прилад був створений на основі призмий спектрографа УМ-2 (Універсальний монохроматор) і приймача випромінювання — PiN-діода. PiN-діод приєднано до схеми посилення-перетворення сигналу і через головний контролер підключено до комп'ютера. Цей же контролер забезпечує керування кроковим двигуном, що здійснює сканування спектра із заданим кроком. На рис. 6.2.1 представлено схематичне зображення однопризмий скануючого спектрографа, що використовувався для отримання спостережного матеріалу у даній роботі. Він складається з: 1 — вхідної щілини труби коліматора; 2 — об'єктиву коліматора; 3 — призми Аббе; 4 — камерного об'єктиву; 5 — вихідної щілини і 6 — приймача (PiN-ді-

ода). Певне положення призми відповідає певній довжині хвилі, і сканування спектру випромінювання, що надходить у прилад, здійснюється шляхом повороту призми на певний кут.

Приймач РіN-діода має розширений спектральний діапазон, високий квантовий вихід, високу швидкодію у фотодіодному включенні. Підсилювач-перетворювач є диференціальним інтегратором із змінною напрямку інтеграції, при цьому з частотою 75... 150 Гц змінюється режим включення фотодіода: з вентиляного на фотодіодний. Такий режим різко зменшує вплив теплових і флуктуаційних шумів, темного сигналу. Інформація про освітленість фотодіода є різницею по модулю вольт-секундної площі (тривалості) вихідних різнополярних імпульсів.

На рис. 6.2.2 представлено скануючий спектрограф у процесі отримання даних щодо спектра свічення денної атмосфери.

Робочим спектральним діапазоном використаного спектрографа є видимий діапазон спектра (3800–12000 ангстремів). Оскільки приймач має свою спектральну чутливість, то отриманий спостережний матеріал необхідно виправляти за спектральну чутливість. Крива спектральної чутливості була отримана авторами на спектрофотометрі СФ-16 та є характерною для приймачів випромінювання такого типу [1].

Для прив'язки по довжинах хвиль (відлік — довжина хвилі) регулярно знімалися лампи калібрування (ртутна, натрієва, гелієва).

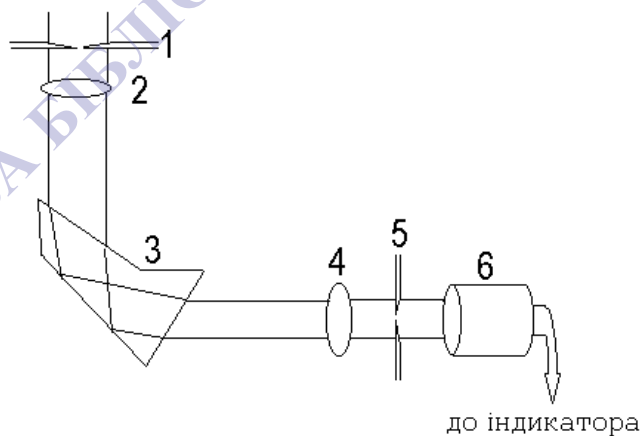


Рис. 6.2.1. Схематичне зображення скануючого спектрографа

Спостереження спектрів свічення денного і сутінкового неба на о. Зміїний велися з 2003 по 2006 рр. в серпні кожного року. У першій

експедиції відбулася апробація приладу в польових умовах, а також було обране місце для проведення подальших спостережень [1]. Для отримання спостережуваного матеріалу в південній частині острова було встановлено намет, підключено електрику та зібрано прилад. У 2003 р. частину матеріалу було зафіксовано на відеокамеру, а інше за-протокольовано на папері. Відліки знімалися з датчика — стандартного вольтметра МІ-1211. З 20 по 24 серпня 2003 р. було отримано серію денних (7 сканів з кроком 50 градусів і 6 сканів з кроком 10 градусів) і сутінкових спостережень (5 сутінкових кривих у спектральному діапазоні близько 5890 ангстрем (3 увечері та 2 вранці)) спектра свічення атмосфери.

З урахуванням досвіду експедиції 2003 р., а також з конструктивними механічними та електронними доопрацюваннями, в 2004 р. скануючий спектрограф працював в напівавтоматичному режимі. За 16 спостережних днів (з 4 по 27 серпня) було отримано 730 сканів денного та сутінкового свічення атмосфери, 65 сканів калібрувальних ламп, 130 сканів темного сигналу. Прямо на місці проводився попередній перегляд даних, первинна архівація і запис на носії для подальшого зберігання. У журнал спостережень детально заносилися погодні умови — стан атмосфери в zenіті та навколосенітній сфері: окремо загальний стан атмосфери, температура навколишнього середовища, температура приймача, вологість.

При підготовці до експедиції в серпні 2005 р. конструктивно в схемі роботи приладу змін не проводилося. У період з 9 по 27 серпня 2005 р. було отримано близько 750 сканів денного і сутінкового свічення атмосфери, близько 20 сканів ламп порівняння. Еталон і темновий сигнал записувалися на початку кожної серії сканів. У журнал спостережень ретельно заносилися умови навколишнього середовища.

У 2006 р. у період з 4 по 28 серпня було отримано: 341 повний скан (час сканування 10 хв.) в діапазоні 3800–12000 ангстремів, 382 скани в діапазоні 5800–9000 ангстремів (час сканування 140 сек.), 40 сутінкових сканів за 3 сеанси при кутах занурення Сонця від -2 градусів до -20 градусів під горизонтом. Нічні скани не проводилися, зважаючи на завантаження приймальної апаратури нічними астрономічними спостереженнями. У польових умовах випробувана методика захисту вхідної щілини монохроматора від прямого засвічення сонячним випромінюванням за допомогою допрацьованого кільця Шюппа (кільцю додана форма еліпсоїда, на відміну від прототипу — кола, у поєднанні із захисним тубусом, зрізаним під кутом, відповідним географічній ши-

роті місця спостереження, що дозволило зменшити габарити кільця в 4 рази). Вдалося зменшити зміщення прямого скану відносно зворотного, оскільки після доопрацювання редуктора приводу повороту призми зміщення ліній спектру відносно крок-відлік фотометра стабільне і в основному визначається конструктивом фотоприймача та неперпендикулярністю оптичних осей монохроматора.

Усі отримані дані пройшли первинну обробку—нарізку по окремих сканах, внесення до бази даних окремих файлів (спектрів, темнових, еталону), архівацію, запис на носії. У табл. 6.2.1 наведено перелік усіх отриманих спостережень за 2003–2006 рр.

Таблиця. 6.2.1

Загальний перелік отриманих спостережень за період 2003–2006 рр.

Рік	Кількість спостережних днів	Кількість сканів спектру денного і сутінкового неба	Кількість сканів ламп калібрування	Кількість сканів еталону та темнового струму
2003	5	23	1	-
2004	16	730	65	130
2005	19	750	20	320
2006	25	760	30	330

Для обробки отриманого спостережного матеріалу створено програмне забезпечення, що дозволяє отримувати деякі характеристики спектрів свічення атмосфери (безперервний фон — континуум, еквівалентну ширину спектральних смуг поглинання і випромінювання, зміщення спектральних ліній відносно калібрувальних і так далі).

На рис. 6.2.3 представлено 2 спектри свічення денної атмосфери, отримані на о. Зміїному в 2004 р. та в 2006 р. (13 серпня і 12 серпня). Як видно з графіка (див. рис. 6.2.3), в 2006 р. у короткохвильовій частині спектра спостерігається підвищення інтенсивності, а в довгохвильовій частині — зниження інтенсивності випромінювання. Це можна пояснити [3] змінами у пиловій складовій атмосфери в районі о. Зміїного. Характерними спектральними смугами отриманих спектрів є смуги поглинання кисню O_2 та води H_2O . Також у спектрах було виявлено смуги поглинання натрію Na, кальцію Ca та інших елементів та речовин.

На рис. 6.2.4 для порівняння представлено 2 характерні спектри свічення денної атмосфери, отримані на о. Зміїному 12 серпня 2006 р. та на узбережжі, на спостережній станції Одеської обсерваторії у с. Крижанівка 14 травня 2007 р.

Відмінність в материкових і острівних спектрах свічення атмосфери можна пояснити антропогенним фактором — вплив життєдіяльності людини на навколишнє середовище на острові та на материку неоднаковий.

Таким чином, у результаті виконаної роботи можна зробити наступні висновки:

— створений експедиційний прилад — скануючий призмовий спектрограф, що дозволяє отримувати спектри свічення денної і сутінкової атмосфери; прилад використовувався для отримання спостережного матеріалу протягом експедицій на о. Зміїний з 2003 по 2006 рр.;

— було проведено первинну обробку отриманого матеріалу: калібрування отриманих спектрів по лампах порівняння, переклад з відліків монохроматора в довжини хвиль і створення електронної бази даних, що містить індивідуальні спектри, вимірювання еталону, темного сигналу і т. п.;

— створено програмне забезпечення, що дозволяє одержати кількісні характеристики отриманих спектрів та їхніх складових.

Аналіз отриманих результатів дозволяє стверджувати, що при регулярному моніторингу спектрів свічення денної, сутінкової та нічної атмосфери можливе отримання таких характеристик як прозорість, хімічний склад, висотний розподіл атмосферних складових, а при залученні комп'ютерного моделювання — також чисельних значень вищеперелічених характеристик атмосфери в районі о. Зміїного. Ці дослідження є дуже важливими при вивченні, наприклад, забруднення атмосфери (аерозольна складова), астроклімату (придатність проведення деяких астрономічних спостережень) острова, впливу космічної речовини на атмосферу Землі та ін.

Резюме

Основна частина монографії являє собою узагальнення отриманих науковцями ОНУ ім. І. І. Мечникова в останні роки даних про стан екосистеми о. Зміїного. Головна увага приділялась аналізу абіотичних характеристик (фізико-географічних, метеорологічних і кліматичних, атмосферно-хімічних і оптичних, геологічних і ґрунтознавчих). Монографія присвячена питанням унікальної геологічної будови острова, процесам острівного ґрунтоутворення, окремим властивостям атмосфери над островом, тобто була сфокусована на вивченні особливостей абіотичної компоненти острівної екосистеми. Крім того, в монографії розглянуті і перспективні напрямки використання острова для проведення астрономічних спостережень.

В результаті проведених досліджень було отримано наступні результати і висновки:

1. Узагальнені та проаналізовані існуючі історичні матеріали щодо основних фізико-географічних характеристик острова. Показано, що внаслідок існуючих неточних даних в літературі та пресі часто використовуються невірні дані. За результатами авторських спостережень та офіційних даних зібрані і наведені уточнені сучасні дані, частина з яких отримана з використанням космічних знімків.

2. Розглянуті особливості геологічної будови острова за даними історичних досліджень. Показано, що основні породи, з яких складається острів, належать до палеозойського та кайнозойського періодів. Наведено стратиграфічну і літологічну характеристики острова. Доведено, що товща острова в цілому є флішеподібною, в якій ритмічно чергуються потужні шари сильно змінених конгломерато-брекчій із шарами конгломератів, рідше піщаників і глин. Вивчення гранулометричного та мінералогічного складу глин та алевритів показало, що глиняста фракція складається з монтморилоніту з невеликою кількістю гідробіотиту та залістих мінералів, а алевритова — це прошарки і шари у товщі силіцитових гірських порід. При цьому алевритова фракція складається із зерен кварцу, польових шпатів, халцедону та біотиту. Встановлено також наявність одиничних ізотропних включень, складених опалом або вулканічним склом. Виявлено досить несподіваний для осадових порід результат спектрального аналізу, за яким був визначений ано-

мально високий вміст елементів халькофільної групи елементів. Цей факт, а також наявність вулканічного скла та термоінертність порід свідчать про вулканогенно-осадове походження порід, з яких складається острів. Наведено результати досліджень берегових процесів. Сформульовано перспективні завдання для майбутніх геологічних досліджень порід острова.

3. По результатах вперше проведених досліджень умов, чинників та стану ґрунтового покриву показано, що на острові протікає унікальний процес специфічного дернового ґрунтоутворення, який відбувається в умовах постійного аерально-імпульверизаційного привнесення на територію острова солей з акваторії прилеглого моря. Вивчено морфологію ґрунтів, основними характерними ознаками яких є їхня некарбонатність, щебенюватість та слабка оструктуреність. Чорноземи острова діагностовано за потужністю гумусового горизонту як неповнорозвинені та короткопрофільні. Показано, що літологічний профіль ґрунтів на острові повністю успадкований від вихідної товщі кам'янисто-щебенюватого елювію щільних порід. Виявлені специфічні особливості ґрунтів: високодисперсні частинки їх знаходяться у вільному (нескоагульованому) стані і утворюють лише незначну частину мікроагрегатів; гумусові частинки в ґрунтах практично не зв'язані з мінеральною основою; вміст гумусу у верхніх горизонтах складає 9–7 %, що суттєво перевищує його вміст у зональних чорноземах даної широти. При цьому у складі гумусу переважають гумінові кислоти; забезпеченість ґрунтів сполуками азоту і калію висока, а фосфору — дуже висока. На основі проведених досліджень зроблено висновок, що подібних аналогів і процесів ґрунтоутворення та ґрунтів в Україні немає.

4. Наведено опис кліматичних і метеорологічних умов, в яких існує і функціонує екосистема острова. Проведено детальний аналіз результатів щоденних метеорологічних спостережень по роках, які доводять, що практично для всіх метеопараметрів притаманні сезонні зміни. Наведено їхні середні, мінімальні і максимальні значення. Проведено порівняння отриманих на острові даних по температурі повітря з рядами даних по метеостанції “Усть-Дунайськ”, у результаті якого показано, що спостерігаються синхронні сезонні зміни і позитивні тренди на обох станціях спостережень, але середньорічні значення температур повітря на о. Зміїному були на 1–1,5 °С вищі, ніж на станції “Усть-Дунайськ”. Спостерігалось також синхронне зниження сум атмосферних опадів. Тобто за всіма даними спостережень за останні кілька років клімат району став дещо сушішим. Виявлено суттєвий

вплив орографічних особливостей острова на формування вітрового режиму різних частин острова. Показано, що існуюча точка спостережень Держгідромету України за напрямком і швидкістю вітру не є репрезентативною і не дає об'єктивної інформації, що потребує більш обґрунтованого вибору місця розташування метеомайданчика на острові. Вивчено характеристики радіаційного режиму острова, які показали, що доступний потенціал сонячної енергії на о. Зміїному складає 1337 квт-міс/м² і перевищує існуючі дані для м. Одеси і Болграда, на основі чого рекомендовано розвивати сонячну енергетику на острові. Зроблено спроби, з використанням існуючих історичних даних, оцінити тенденції кліматичних змін в районі о. Зміїного, які показали, що в останні роки спостерігаються тренди зменшення швидкості вітру і відносної вологості та позитивні тренди зростання температури повітря і сум атмосферних опадів, що є свідомством впливу глобальних змін клімату на західну частину Чорного моря.

5. В результаті проведених атмосферно-хімічних досліджень вперше отримано дані про хімічний склад атмосферних опадів і відкладень на поверхню о. Зміїного, насамперед біогенних сполук азоту і фосфору, які переносяться з Європейського континенту на акваторію західної частини Чорного моря. Оцінено концентрації багатьох іонів в атмосферних опадах і відкладеннях та їхні потоки на поверхню острова з вологими та сухими відкладеннями. Показано, що у 2003–2007 рр. інтенсивність сумарних відкладень нітратів і сульфатів на поверхню острова зросла у 1,9 та 2,6 рази у порівнянні з 1990–1992 рр. відповідно. Відмічені тренди зростання концентрацій хлоридів, сульфатів, фосфатів і бромідів в атмосферних опадах. Вперше зроблено оцінку середньорічних значень інтенсивності сумарних атмосферних потоків сполук азоту і фосфору в районі о. Зміїного, які складають 405; 1,76; 243; 41,5 і 1225 кг/(км²*рік) амонію, нітритів, нітратів (у еквіваленті азоту), фосфатів (в еквіваленті фосфора) та сульфатів (в еквіваленті сірки) відповідно. Запропоновано розширити програму діючого атмосферного моніторингу за рахунок додаткових спостережень за хімічним складом аерозолів та газів.

6. Вперше на о. Зміїному були проведені астрономічні дослідження, які дали змогу отримати суттєво нову інформацію про метеорні потоки та про оптичні властивості верхніх шарів атмосфери над Чорним морем. Було впроваджено режим метеорного патрулювання основних метеорних потоків та зареєстровані базисні метеори. У липні 2007 р. був зареєстрований невідомий раніше метеорний потік. Наведені результати

тати моніторингу спектрів свічення денної, сутінкової та нічної атмосфери, по яких заплановано провести оцінку таких характеристик, як прозорість, хімічний склад, висотний розподіл окремих атмосферних складових. Обґрунтовані пропозиції щодо організації на о. Зміїний постійно діючої станції спостережень за метеорними потоками і оптичними властивостями атмосфери.

На закінчення слід відмітити, що на о. Зміїному сформувались унікальні абіотичні умови, які потребують дуже дбайливого ставлення та захисту, і насамперед введення суворих обмежень на всі види господарчої діяльності, які можуть порушити геологічну структуру і берегову смугу та сформований ґрунтовий покрив острова. Крім того, необхідно активізувати наукові дослідження і удосконалити систему інтегрованого моніторингу, насамперед в напрямку удосконалення системи гідрометеорологічних, атмосферно-хімічних і астрономічних спостережень на острові. Насамперед це стосується більш репрезентативного вибору місця розташування метеорологічного майданчика, розширення списку атмосферно-хімічних параметрів, які спостерігаються, та створення постійної бази астрономічних спостережень на острові. Крім того, обов'язковим елементом моніторингу довгострокових змін абіотичних факторів буде продовження регулярних спостережень за змінами стану берегової смуги і ґрунтового покриву острова, які будуть проходити в результаті розвитку господарчої інфраструктури острова, що в останні часи є дуже інтенсивним.

Summary

The main part of the monograph contains generalised data on the state of the Zmiinyi Island ecosystem collected by the researchers of Odessa National I. I. Mechnikov University. The main attention was dedicated to the analyses of abiotic characteristics (physical & chemical, meteorological and climatic, atmospheric & chemical and optical, geological and soil). The monograph is dedicated to the matters of unique geological structure of the island, soil forming processes, certain properties of atmosphere over the island, i. e. focused at the studies of the island ecosystem's abiotic component peculiarities. Besides, the monograph is considering promising uses of the island to conduct astronomic observations.

As the result of the studies the following results and conclusions were achieved:

1. Historical materials available on the main physical and geographical characteristics of the island are generalized and analysed. It is shown that as the result of imprecise data inaccurate figures are often used in the literature and by the media. Using the results of authors' observations and the official information the precise data were collected and presented, part of them were collected using recent space images.

2. Peculiarities of geological construction of the island were considered based on the historical researches. It is shown that the main rocks the island is comprising belong to the Palaeozoic and Cainozoic periods. Stratigraphic and lithological characteristics of the island are given. It is proved that the depth of the island in general is flysch-like with interchanging thick layers of significantly changed conglomerate-breccia with the layers of conglomerates and, more rarely — sandstone and clay. Studies of grain size and mineralogical composition of clays and aleurites have shown that the clay fraction consists of montmorillonite with some hydrobiotitic and ferruginous minerals and the aleurite fraction comprises layers and partings in the thickness of silicite rocks. At that the aleurite fraction consists of quartz, feldspar, chalcedony and biotite grains, Presence of singular isotropic inclusions consisting of opal or rock glass was also established. Revealed was rather unexpected for the sedimentary rock spectral analyses result which showed abnormally high content of chalcophylic group of elements. This fact, as well as the rock glass presence and thermal inertness of the rocks are the evidences of volcanogenic

& sedimentary origin of the rocks comprising the island. The results of coastal processes studies are shown. Perspective tasks of the next geological studies of the island rocks are formulated.

3. According to the results of soil conditions and state studies the on the island carried out for the first time, it is shown that unique process of specific sod soil forming are going on there under the conditions of permanent aerial input of salts on the island from the adjacent water area. Morphology of soils is studied. The main characteristic features of the soils are their noncarbonated and rubbly character and their weak structure. Black soils of the island were diagnosed according to thickness of their humus horizon as incompletely developed and short profile. It is shown that the lithological profile of soils on the island is completely inherited from the source thickness of rock & broken stone eluvium of dense rocks. Revealed are the specific peculiarities of the soils: a) superfine particles are in free (uncoagulated) state and form only an insignificant part of microaggregates; b) humus particles in the soils are practically not connected with mineral basis; c) humus content in the upper horizons makes 9–7 %, which is significantly more than its content in the zonal black soils on this latitude. At that, humic acids prevail in the humus; d) provision of the soils with nitrogen and potassium compounds is high, while provision with phosphorus compounds is very high. Based on the studies the conclusion is made that there are no other similar soil-forming processes taking place in Ukraine.

4. Climatic and meteorological conditions under which the island ecosystem exists and functions are described. Detailed analyses of daily meteorological observations' results are made year after year. Result of the analyses show that seasonal changes are characteristic of practically all the meteorological parameters.

Their average, minimum and maximum values are given. Compared are air temperature data received on the island and the sequences of air temperature data from the Ust-Dunaisk meteorological station, as the result of which it is shown that simultaneous seasonal changes and positive trends are observed at both measuring sites, but the average annual air temperature values on the Zmiinyi Island are 1– 1,5 °C higher than at the Ust-Dunaisk station. Simultaneous decrease in the amounts of atmospheric precipitation was also observed. This means that according to all the observation data for a number of recent years the climate of the area became somewhat dryer. Revealed is the significant influence of orographic peculiarities of the island on formation of wind regime in different parts of the island. It is shown that the current observation point of the State Hydro-Meteorological Service of Ukraine is

not representative as for wind speed and wind direction, and does not provide objective information; hence there is a need for more sound selection of meteorological site location on the island. Characteristics of radiation regime of the island are studied. The results show that the accessible potential of solar energy on the Zmiinyi Island makes 1337 kW-month/m which exceeds the potential of city Odessa and town Bolgrad. Based on the above, the recommendation was made to develop solar energetics on the island. Using the historical data available an attempt was made to assess the trends of climatic changes in the Zmiinyi Island area. The results showed that during recent years the trends of wind speed and relative humidity decrease were observed, as well as the positive trends of air temperature and amount of atmospheric precipitation increase, which was the evidence of global climatic changes' influence on the north-western part of the Black Sea.

5. As the result of atmospheric chemistry studies the data on chemical composition of atmospheric precipitation and depositions to the surface of the Zmiinyi Island were received for the first time, first of all on nutrient nitrogen and phosphorus containing compounds transported from the European Continent to the north-western Black Sea water area. Concentrations of many ions in atmospheric precipitation and depositions are assessed, as well as their flows to the surface of the island with wet and dry depositions. It is shown that in 2003–2007 intensity of total deposition of nitrate and sulphate to the island surface increased 1.9 and 2.6 times respectively compared to the values in 1990–1992. Revealed are the trends of chloride, sulphate and bromide concentrations increase in atmospheric precipitation. Assessment of average annual values of nitrogen and phosphorus compounds' total atmospheric flows in the Zmiinyi Island area was made for the first time. They totalled to 405; 1.76; 243; 41.5 and 1225 kg/(km²*year) of ammonium, nitrite, nitrate (in nitrogen equivalent), phosphate (in phosphorus equivalent) and sulphate (in sulphur equivalent) respectively. It is proposed to expand the current programme of atmosphere monitoring at the account of additional observations of aerosols and gases chemical composition.

6. Astronomical studies were carried out on the Zmiinyi Island for the first time, which gave us essentially new information about meteor streams and optical properties of the upper layers of atmosphere over the Black Sea. Regime of meteor patrolling of the main meteor streams was implemented and basic meteors registered. A meteor flow unknown before was registered in July 2007. Results of day, twilight and night airglow spectra monitoring are presented. It is planned to study their following characteristics: transparency, chemical composition, altitude distribution of separate atmo-

spheric components. Proposal to organise a permanent station to observe meteor streams and atmosphere optical properties on the Zmiinyi Island is grounded.

To conclude, it is worthwhile to point out that there are unique abiotic conditions formed on the Zmiinyi Island that require care and protection. First of all, there is a need for severe restriction of all economic activities that could damage the geological structure and the coastline, as well as the soil cover formed on the island. Besides, there is a need for more active studies and integrated monitoring system improvement, first of all towards perfection of the system of hydro-meteorological, atmospheric chemistry and astronomical measurements and observations. This is especially about more representative choice of meteorological cite location, expanding the list of atmospheric chemistry parameters measured and establishing of permanent astronomical observation station on the island. Besides, the compulsory element of the long-term changes in abiotic factors monitoring should be the continued regular observations of changes in the state of coastline and soil cover, which will take place under the economic infrastructure development conditions, as the development is ever intensive on the island in the recent years.

Список посилань

Вступ

1. Біланчин Я. М., Жанталай П. І., Тортик М. Й., Медінець В. І. Умови та процеси ґрунтоутворення на острові Зміїний // Вісник ОНУ ім. І. І. Мечникова. Екологія. — 2005. — Т. 10, вип. 4. — С. 50–55.
2. Зайцев Ю. П., Александров Б. Г. Значение острова Змеиный в функционировании экосистемы северо-западного шельфа Черного моря // Вісник ОНУ ім. І. І. Мечникова. Екологія. — 2005. — Т. 10, вип. 4. — С. 20–27.
3. Зайцев Ю. П., Александров Б. Г., Мінічева Г. Г. та ін. Північно-західна частина Чорного моря : біологія і екологія. — К. : Наукова думка, 2006. — 701 с.
4. Исследование экосистемы Черного моря // Сб. науч. трудов УкрНЦЭМ. Вип. 1 / под. ред. Мединца В. И. — Одесса : ИРЭН-Полиграф, 1994. — 158 с.
5. Медінець В. І., Медінець С. В., Прощенко В. В. Дослідження сполук азоту в атмосферних опадах і відкладеннях на поверхню острова Зміїний // зб. наук. статей Міжнар. наук.-практ. конф. “Екологічні проблеми Чорного моря”, 31 травня — 1 червня 2007, Одеса. — Одеса : ІНВАЦ, 2007. — С. 219–223.
6. Медінець С. В., Прощенко В. В., Медінець В. І. Оцінка континентального вкладу сполук азоту в атмосфері над островом Зміїний // зб. наук. статей Міжнар. наук.-практ. конф. “Екологічні проблеми Чорного моря”, 31 травня — 1 червня 2007, Одеса. — Одеса : ІНВАЦ, 2007. — С. 224–228.
7. Охотников С. Б., Островерхов А. С. Святилище Ахилла на острове Левке (Змеином). — К. : Наукова думка, 1993. — 140 с.
8. Острів Зміїний : Рослинний і тваринний світ / під ред. Сминтина В. А., Іваниці В. О. — Одеса : Астропринт, 2008 (в друці).
9. Сминтина В. А., Іваниця В. О., Мединець В. І. Огляд досліджень екосистем острову Зміїний та прилеглому шельфу Чорного моря в 2003–2004 рр. // Екологічні проблеми Чорного моря : зб. матеріалів до 6-го Міжнар. симпозіуму, 11–12 листопада 2004 р., Одеса. — Одеса : ОЦНТЕПІ, 2004. — С. 413–417.

10. Сминтина В. А., Іваниця В. О., Медінець В. І. Огляд досліджень екосистем острова Зміїний та прилеглої шельфу Чорного моря у 2003–2006 роках // зб. наук. статей Міжнар. наук.-практ. конф. “Екологічні проблеми Чорного моря”, 31 травня — 1 червня 2007, Одеса. — Одеса : ІНВАЦ, 2007. — С. 301–304.
11. Соляник Г. А. Короткий нарис флори і фауни острова Зміїного // Наук. записки Одес. біол. станції. — 1959, — Вип. 1. — С. 156–157.
12. Сучков И. А., Федорончук Н. А., Свистун В. К., Савчук Н. А., Главацкий В. И. Геологические исследования острова Змеиный // Вісник ОНУ ім. І. І. Мечникова. Екологія. — 2005. — Т. 10, вип. 4. — С. 94–100.
13. Шуйський Ю. Д., Вихованець Г. В., Муркалов О. Б. Сучасна динаміка берегів о. Зміїний та її вплив на навколишню акваторію Чорного моря // Вісник ОНУ ім. І. І. Мечникова. Екологія. — 2005. — Т. 10, вип. 4. — С. 108–122.

Розділ 1

1. Вогні та знаки Чорного моря. Українське узбережжя. Вип. 201. — К. : Укрдержгідрографія, 2004. — 300 с.
2. Космічний знімок з каталогу <http://archive.digitalglobe.com> від 2007-04-10 за номером ID : 1010010005914401
3. Морська навігаційна карта “Острів Зміїний” масштабу 1 :5000 за МНК № 3708 від ДУ “Держгідрографія”
4. Острів Зміїний. Історія і археологія / Під ред. Сминтини В. А. і Сминтини О. В. — Одеса : Астропринт, 2008 (в друці).
5. Острів Зміїний. Екосистема прибережних вод / під ред. Сминтини В. А., Медінця В. І. — Одеса : Астропринт, 2008 (в друці).
6. Острів Зміїний. Тваринний і рослинний світ / під ред. Сминтини В. А., Іваниці В. О. — Одеса : Астропринт, 2008 (в друці).
7. Охотников С. Б., Островерхов А. С. Святилище Ахилла на острові Левке (Змеином). — К. : Наукова думка, 1993. — 140 с.
8. Природные условия взморья реки Дунай и острова Змеиный : современное состояние экосистемы / под ред. В. А. Иванова, С. В. Гошовского. — Севастополь : Морской гидрофизический ин-т, 1999. — 268 с.
9. Северо-западная часть Черного моря : биология и экология / под ред. Ю. П. Зайцева, Б. Г. Александрова, Г. Г. Миничевой. — К. : Наукова думка, 2006. — 700 с.

10. Сминтина В. А., Іваниця В. О., Медінець В. І. Виконання програми комплексного обстеження екосистем острова Зміїний та прилегло-го шельфу Чорного моря у 2003 році // Вісник ОНУ ім. І. І. Мечникова, 2005. — Т. 10, вип. 5. — С. 5–13.
11. Шуйський Ю. Д., Вихованець Г. В., Муркалов О. Б. Сучасна динаміка берегів о. Зміїний та її вплив на навколишню акваторію Чорного моря // Вісник ОНУ ім. І. І. Мечникова, 2005. — Т. 10, вип. 4. Екологія. — С. 108–121.
12. “Black Sea and Sea of Azov Pilot”. NP24. First edition 2003 // Published by the United Kingdom Hydrographic office. — Crown Copyright, 2003. — 292 p.
13. Padurean D. Insula Serpilor. — Constanta : Muntenia, 2004. — 370 p.

Розділ 2

1. Гаркаленко И. А., Краснощек А. Я. О восточном продолжении Добруджи // Геофизич. сборник. — К. : Наукова думка, 1965. — Вып. 1 /12. — С. 12–18.
2. Гаркаленко И. А., Никофорчук В. С., Михайлов В. М., Чекунов А. В. Глубинное строение и основные особенности развития северо-западного сектора Черного моря и прилегающих районов // Сов. геология. — 1969. — № 8. — С. 74–80.
3. Гаркаленко И. А., Гладченко Л. Г., Анферова К. И., Третьяк А. Н. Определение возраста пород острова Змеинового в Северо-Западной части Черного моря (по данным палеомагнитных исследований) // Геофиз. сборн. — К. : Наукова думка, 1970. — Вып. 33. — С. 16–21.
4. Геологические памятники Украины. — К. : Наукова думка, 1985. — 156 с.
5. Друмя А. В., Иванчук П. К. О геологическом строении острова Змеинового (Черное море) // БМОИП. Отд-ние геол. — 1962. — Т. 37, вып 1. — С. 63–68.
6. Кацук О. К. Литология и метаморфизм складчатого фундамента Скифской плиты в пределах Украинского Черноморья : дис. ... канд. геол. наук. — Одесса : ОГУ, 1997. — 141с.
7. Моргунов Ю. Г. [и др.]. Новые данные о геологическом строении Дунайско-Днепровской части шельфа // ДАН. — 1974. — Т. 219, № 3. — С. 62–78.
8. Мороз С. А., Сулимов И. Н., Гожик П. Ф. Геологическое строение Северного Причерноморья. — К. : Наукова думка, 1995. — 181с.

9. Острів Зміїний. Екосистема прибережних вод / під ред. Сминтини В. А., Медінця В. І. — Одеса : Астропринт, 2008 (в друці).
10. Поручик Ф. С. Геология Бессарабии. — Кишинев, 1916. — 63 с.
11. Славин В. И. Геологическая история южной части Украины и Молдавии в пермское время // Материалы 7-го съезда Карпатско-Балканской ассоциации : докл. сов. геологов. — К. : Наукова думка, 1967. — С. 71–76.
12. Степанов А. Ф. О поездке на о. Змеиный. — Кишинев : Изд-во АН МССР, 1965. — №8. — С. 44–49.
13. Сулимов И. Н. Геология и прогноз нефтегазоносности района острова Змеиногo в Черном море. — Одесса : Астропринт, 2001. — 108 с.
14. Сучков И. А., Федорончук Н. А., Свистун В. К., Савчук Н. А., Главацкий В. И. Геологические исследования острова Змеиный // Вісник ОНУ ім. І. І. Мечникова. Екологія. — 2005. — Т. 10, вип. 4. — С. 94–99.
15. Ткаченко Г. Г., Пазюк Л. И., Самсонов А. И. Геология острова Змеиногo (Черное море) // Геология побережья и дна Черного и Азовского морей в пределах УССР. — 1969. — Вып. 3. — С. 3–19.
16. Усенко И. С. До геології о. Зміїногo // ДАН УРСР. — 1967. — № 4. — С. 20–22.
17. Чекунов А. В., Веселов А. А., Гилькман А. И. Геологическое строение и история развития Причерноморского прогиба. — К. : Наукова думка. — 1976. — 218 с.
18. Шуйський Ю. Д., Вихованець Г. В., Муркалов Л. Б. Сучасна динаміка берегів о. Зміїний та її вплив на акваторію Чорного моря // Вісник ОНУ ім. І. І. Мечникова. — Т. 10, вип. 4. — Екологія. — 2005. — С. 108–121.
19. Шуйський Ю. Д., Вихованець Г. В., Муркалов О. Б. Результати дослідження берегів острова Зміїний на Чорному морі // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. — 2005. — № 6. — С. 21–32.
20. Шуйський Ю. Д. Чи є островом Зміїний? // Вісник ОНУ ім. І. І. Мечникова. Сер. геогр. и геол. наук. — 2005. — Т. 10, вип. 6. — С. 133–140.

Розділ 3

1. Александрова Л. Н., Найденова О. А. Лабораторно-практические занятия по почвоведению. — Л. : Агропромиздат, 1986. — 295 с.
2. Біланчин Я. М., Жанталай П. І., Тортик М. Й. Умови ґрунтоутворення і ґрунти острова Зміїний // Україна : географічні проблеми сталого розвитку : збірник наук. праць : в 4 т. — К. : ВГЛ Обрії, 2004. — Т. 2. — С. 383–385.
3. Біланчин Я. М., Жанталай П. І., Тортик М. Й., Медінець В. І. Умови та процеси ґрунтоутворення на острові Зміїний // Вісник ОНУ ім. І. І. Мечникова. Екологія. — 2005. — Т. 10, вип. 4. — С. 50–55.
4. Біланчин Я. М., Жанталай П. І., Тортик М. Й., Буяновський А. О. Ґрунти острова Зміїний : морфологія, літологія, засоленість // Там само. — С. 56–65.
5. Біланчин Я. М., Жанталай П. І., Тортик М. Й., Буяновський А. О. Умови формування та генетичні особливості ґрунтів острова Зміїний // Причорноморський екологічний бюлетень. — 2006. — № 3–4, ч. 1. — С. 89–101.
6. Васильєва Т. В., Коваленко С. Г., Паузер Е. Б. Флора острова Змеиний // Вісник ОНУ ім. І. І. Мечникова. — 2005. — Т. 10, вип. 4. — Екологія. — С. 66–72.
7. Герасимов И. П., Глазовская М. А. Основы почвоведения и география почв. — М. : Географгиз, 1960. — 491 с.
8. Гринь Г. С. Полевая диагностика почв : Учеб. пособие. — Харьков : ХСХИ, 1974 — 224 с.
9. Іваниця В. О., Медінець В. І., Біланчин Я. М. та ін. Результати досліджень екосистеми острова Зміїний // Екологічні проблеми Чорного моря. — Одеса : ОЦНТЕПІ, 2004. — С. 188–192.
10. Маринич О. М., Шищенко П. Г. Фізична географія України : підручник. — К. : Знання, 2003. — 479 с.
11. Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользований. — М. : Колос, 1973. — 96 с.
12. Перелік методик визначення складу та властивостей ґрунтів, чинних в Україні. — Харків : ННЦ “УГА”, 2002. — 18 с.
13. Позняк С. П., Красеха Є. Н., Кіт М. Г. Картографування ґрунтового покриву : навч. посібник. — Львів : Видавн. центр ЛНУ, 2003. — 500 с.

14. Полевой определитель почв / под ред. Н. И. Полупана, Б. С. Носко, В. П. Кузьмичева. — К. : Урожай, 1981. — 320 с.
15. Почвоведение : учебник для ун-тов : в 2 ч. / под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. — М. : Высш. школа, 1988. — Ч. 2. Типы почв, их география и использование. — 368 с.
16. Почвы Украины и повышение их плодородия. Т. 1 : Экология, режимы и процессы, классификация и генетико-производственные аспекты / под ред. Н. И. Полупана. — К. : Урожай, 1988. — 296 с.
17. Сучков И. А., Федорончук Н. А., Свистун В. К., Савчук Н. А., Главацкий В. И. Геологические исследования острова Змеиный // Вісник ОНУ ім. І. І. Мечникова. — 2005. — Т. 10, вип. 4. — Екологія. — С. 94–99.
18. Черноземы СССР (Украина). — М. : Колос, 1981. — 256 с.

Розділ 4

1. Атлас облаков / под ред. А. Х. Хригана, Н. И. Новожилова. — Л. : Гидрометеиздат. 1978. — 267 с.
2. Атлас энергетичного потенціалу поновлюваних джерел енергії України / Ін-т електродинаміки НАН України, Держ. комітет України з енергозбереження. — К., 2000. — 111 с.
3. Газетов Е. И. Исследования ветрового режима и осадков на о. Змеиный в 2004–2006 гг. // зб. наук. статей Міжнар. наук.-практ. конф. “Екологічні проблеми Чорного моря”. — Одеса, ІНВАЦ, 2007. — С. 58–62.
4. Гидрология устьевой области Дуная // под ред. Я. Д. Никифорова, К. Дьякону. — М. : Гидрометеиздат, 1963. — 383 с.
5. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 4 : Черное море. Вып. 1 : Гидрометеорологические условия / под ред. Симонова А. И., Альтмана Э. Н. — СПб. : Гидрометеиздат. — 1991. — 429 с.
6. Іваниця В. О., Медінець В. І., Біланчин Я. М., Газетов Є. І., Шуйський Ю. Д., Сучков І. О., Васильєва Т. В., Гудзенко Т. В., Чернявський О. В., Корзюков А. І., Ківганов Д. А., Конарева О. П., Прощенко В. В., Писаренко В. В., Покась А. С. Результати досліджень екосистеми острова Зміїний // Екологічні проблеми Чорного моря. — Одеса : ОЦНТЕПІ, 2004. — С. 188–192.
7. Люксметр Ю116. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. — 10 с.

8. Мединец В. И., Василева В. Н., Ковалева Н. В., Газетов Е. И. [и др.]. Технический отчет о проведении комплексных гидробиологических и экологических исследований морской экосистемы у о. Змеиный. — Одесса : ОНУ им. И. И. Мечникова, ГП “Одесморгеология”, 1998. — С. 25–28.
9. Мединец В. И., Газетов Е. И., Морозов В. Н. Результаты гидролого-гидрохимических исследований района между дельтой Дуная и островом Змеиный в 2003 году // Вісник ОНУ ім. І. І. Мечникова. Екологія. — 2005. — Т. 10, вип. 4. — С. 139–149.
10. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 9, ч. 2. — Л. : Гидрометеиздат, 1964. — 366 с.
11. Науково-технічний звіт про виконання НДР 6.04.02 “Розробка екологічно безпечної автономної системи енергозабезпечення інфраструктури острова Зміїний”. Замовник МОН України / Медінець В. І., Газетов Є. І., Конарева О. П. [та ін.]. Рукопис ОНУ ім. І. І. Мечникова. Одеса, 2005. — 153 с.
12. Пиранометр ПП1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. — 12 с.
13. Природные условия взморья реки Дунай и острова Змеиный : современное состояние экосистемы / под ред. В. А. Иванова, С. В. Гошовского. — Севастополь : Морской гидрофизический ин-т, 1999. — 268 с.
14. Психрометрические таблицы / под ред. Л. И. Штанниковой. — М. : Гидрометеиздат, 1981. — 269 с.
15. Руководство гидрометеорологическим станциям по актинометрическим наблюдениям. — Л. : Гидрометеиздат, 1971. — 221 с.
16. Руководство пользователя прибора спутн. навигации “Garmin GPS 12”. — 33 с.
17. Сминтина В. А., Іваниця В. О., Медінець В. І. Виконання програми комплексного обстеження екосистем острова Зміїний та прилеглої шельфу Чорного моря у 2003 році // Вісник ОНУ ім. І. І. Мечникова. — 2005. — Т. 10, вип. 5. — С. 5–13.
18. Справочник по климату Черного моря. — М. : Гидрометеиздат, 1974. — 406 с.
19. Строительная климатология. Справочное пособие к СНИП / под ред. Никольской М. В. — Л. : Гидрометеиздат, 1989. — 90 с.
20. WMO statement on the status of the Global Climate in 2007. — WMO : 2008. WMO-No. 1031. — 16 p.

Розділ 5

1. Израэль Ю. А., Цыбань А. В. Антропогенная экология океана. — Л. : Гидрометеиздат, 1990. — 527 с.
2. Медінець В. І. Особенности выведения аэрозоля над океаном // Метеорология и гидрология. — 1983. — № 1. — С. 37–41.
3. Медінець В. І., Волков В. Ю., Коренной Ю. В. Загрязнение атмосферы над Черным морем соединениями серы и азота // Исследования экосистемы Черного моря. — Одесса : ИРЭН-ПОЛИГРАФ, 1993. — С. 82–86.
4. Медінець В. І., Дулейко В. А., Шукуруллаев А. М. Исследование газовых и аэрозольных примесей в атмосфере над Балтикой // Исследование экосистемы Балтийского моря. Вып. 3. — Л. : Гидрометеиздат, 1990. — С. 39–50.
5. Медінець В. І., Колосов А. А. Исследование содержания техногенных металлов в аэрозоле над Черным морем // Исследования экосистемы Черного моря. — Одесса : ИРЭН-ПОЛИГРАФ, 1993. — С. 87–89.
6. Медінець С. В., Медінець В. І., Прошенко В. В. Оцінка континентального вкладу сполук азоту в атмосфері над островом Зміїний // Міжнародна науково-практична конференція “Екологічні проблеми Чорного моря”. — Одеса: ОЦНТЕПІ, 2007. — С. 224–228.
7. Медінець В. І., Прошенко В. В., Медінець С. В. Дослідження сполук азоту в атмосферних опадах і відкладеннях на поверхню острова // Міжнародна науково-практична конференція “Екологічні проблеми Чорного моря”. — Одеса: ОЦНТЕПІ, 2007. — С. 219–223.
8. Мониторинг трансграничного переноса загрязняющих веществ / под ред. Ю. А. Израэля. — Л. : Гидрометеиздат, 1987. — 303 с.
9. Руководство пользователя кондуктометра “НІ 9033”. — 32 с.
10. Руководство пользователя рН-метром Hydrus 100. — 20 с.
11. Сминтина В. А., Іваниця В. О., Медінець В. І. Виконання програми комплексного обстеження екосистем острова Зміїний та прилеглої шельфу Чорного моря у 2003 році // Вісник ОНУ ім. І. І. Мечникова. — 2005. — Т. 10, вип. 4. — Екологія. — С. 5–13.
12. Сорокин Ю. И. Черное море. — М. : Наука, 1982. — 216 с.
13. Хроматографический метод определения содержания хлоридов, нитратов, сульфатов, лития, натрия, аммония и калия в атмосферных осадках. РД 52. 04. 333–93.

14. State of the Black Sea Environment. National Report of Ukraine 1996-2000. Odessa : Astroprint, 2002. — 84 p.
15. Sutton Mark at al. The Nitrogen Cycle and Its Influence on the European Greenhouse Gas Balance. — IGAC Activities NewsLetter, Issue No. 34, Dec. 2006. — P. 11–18.

Розділ 6.1

1. Голубаев А. В., Горбанев Ю. М. Радианты слабых телескопических метеоров по телевизионным наблюдениям // Труды Международной астрономической конференции “Околосемная астрономия — 2007”, 3–7 сентября 2007 г., п. Терскол, Кабардино-Балкария, Россия. — С. 259–265.
2. Горбанев Ю. М., Голубаев А. В., Жуков В. В. и др. Методика и статистика телевизионных наблюдений телескопических метеоров // Астроном. вестн. — 2006. — Т. 40, № 5. — С. 449–464.
3. Горбанев Ю. М., Голубаев А. В., Жуков В. В. и др. Методика позиционных измерений телевизионных изображений телескопических метеоров // Астроном. вестн. — 2008. — Т. 42, № 1. — С. 37–53.
4. Станюкович К. П. Определение радиантов, скоростей и высот метеоров по односторонним фотографиям // Бюллетень всесоюзного астрономо-геодезического общества. — 1939. — № 4. — С. 3–10.

Розділ 6.2

1. Горбаньов Ю. М., Сарест Л. О., Шестопапов В. О. Про можливість досліджень впливу метеорних потоків на атмосферу Землі при спостереженнях на о. Зміїний. // Вісник ОНУ ім. І. І. Мечникова. — 2005. — Т. 10, вип. 4. — С. 257–265.
2. Шефов Н. Н. Поведінка емісій верхньої атмосфери в періоди підвищеної метеорної активності // Planet. And Space Sci. — 1988, №1. — С. 134–136.
3. Intema A. On the brightness of the sky and total amount of starlight // Publ. Astr. Observatory at Groningen. №22, 1909. — P. 1–55.

Наукове видання

**Острів Зміїний. Науковий проект
Монографії**

*Інформаційні джерела. Історія та археологія. Рослинний і тваринний світ.
Абіотичні характеристики. Екосистема прибережних вод*

Сминтина Валентин Андрійович, **Медінець** Володимир Іванович,
Газетов Євген Іванович, **Сучков** Ігор Олександрович,
Федорончук Наталя Олександрівна, **Біланчин** Ярослав Михайлович,
Жанталай Павло Іванович, **Тортік** Микола Йосипович,
Буяновський Андрій Олександрович, **Морозов** Віктор Миколайович,
Медінець Сергій Володимирович, **Прошенко** Вадим Володимирович,
Горбаньов Юрій Михайлович, **Шестопалов** Василь Олександрович,
Сарест Леонід Олександрович, **Голубаєв** Олександр Володимирович

ОСТРІВ ЗМІЇНИЙ

Абіотичні характеристики

Монографія

Відповідальний редактор:
Медінець Володимир Іванович

Завідувачка редакції *Т. М. Забанова*
Редактор *Н. Я. Рихтік*
Технічний редактор *М. М. Бушин*
Дизайнер обкладинки *В. І. Костецький*
Коректор *Л. М. Лейдерман*

Підписано до друку 18.12.2008. Формат 70x100/16. Папір офсетний.
Гарнітура «Newton». Друк офсетний. Ум. друк. арк. 14,95 + 2,28.
Тираж 300 прим. Вид. № 207. Зам. № 498.

Видавництво і друкарня «Астропринт»
65091, м. Одеса, вул. Разумовська, 21
Тел.: (0482) 37-07-95, 37-14-25; (048) 7-855-855

www.astroprint.odessa.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1373 від 28.05.2003 р.