



Collective Monograph

State, trends and prospects
of land sciences, environment,
physics, mathematics and
statistics' development

Edition 1

2020-2022 |



Primedia eLaunch

STATE, TRENDS AND PROSPECTS OF LAND SCIENCES, ENVIRONMENT, PHYSICS, MATHEMATICS AND STATISTICS' DEVELOPMENT

Collective Scientific Monograph

EDITION 1

Dallas
2020-2022



Primedia eLaunch
E-book conversion, distribution & marketing

UDC 378.016:51

S 81

Editor in Chief: Shneider B.

Scientific Editor: Kalts T.

Compilers: NGO European Scientific Platform (Ukraine)

21037, Ukraine, Vinnytsia, Zodchykh str. 18/81

Publisher: Primedia eLaunch LLC (USA)

TX 75001, United States, Texas, Dallas

Authors of the monograph:

Andrukhiv A. – Ph.D (Technical sciences)	Luparenko O. – Ph.D (Technical sciences)
Datsenko L. – D.Sc. (Geological sciences)	Rever A.
Datsenko L. – D.Sc. (Geological sciences)	Ruda M. – Ph.D (Technical sciences)
Gervolska K.	Senyk A. – Ph.D (Physics and Maths)
Kokhan O. – Ph.D (Geological sciences)	Sokil B. – D.Sc. (Technical sciences)
Kolomiets S. – Ph.D (Technical sciences)	Sokil M. – Ph.D (Technical sciences)
Koman B. – D.Sc. (Physics and Maths)	Taras U. – Ph.D (Agricultural sciences)
Lezhenkin I. – Ph.D (Technical sciences)	Yuzevych V. – D.Sc. (Physics and Maths)

In the collective scientific monograph, researchers consider issues in the field of methods of recovery solution to mikoryzovanyh objects of nature reserve fund Mountain Lion in Lviv, Temryuk prospecting areas (Eastern Azov area) of lining materials and Groundwaters of Nikolskoho region (Donbass). Lithology of the lower planorbel deposits of the maykop series of the Indolo- Kuban and Southern Kerch departures has been also discovered by a group of scientists. Such questions as regularities of macroplastic deformation, the spectrum of resonant frequencies and natural vibration modes have been also analyzed. Dynamics of two-dimensional flexible elements of drive systems and experimental research on determination of the electric resistance of soils with various degrees of humidity were fully described in the following monograph.

Book is publicly available according to the definition of open access under the Budapest Open Access Initiative (BOAI). Book's chapters are licensed under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

S 81 **State, trends and prospects of land sciences, environment, physics, mathematics and statistics' development:** Collective Scientific Monograph (1st edition). Kalts T. (ed.). Dallas, USA: Primedia eLaunch LLC, 2022. 100 p.

ISBN 978-1-63625-217-9

DOI 10.36074/stplsepmaed-1

UDC 378.016:51



ISBN 978-1-63625-217-9

© Authors of the monograph, 2022

© Primedia eLaunch LLC, 2022

© NGO European Scientific Platform, 2022

CONTENT

Chapter I. Taras U., Ruda M.

Study of changes of soil and mycological after numerous uncontrolled arson vegetation and method of recovery solution to mikoryzovanyh objects of nature reserve fund Mountain Lion in Lviv. Research of 2020 4

Chapter II. Datsenko L., Lezhenkin I.

Temryuk prospecting areas (Eastern Azov area) of lining materials: geology, stratigraphy, geological-geodesic works 17

Chapter III. Datsenko L., Kolomiets S.

Groundwaters of Nikolskoho region (Donbass): geology, stratigraphy, hydrogeology, topographic and geodesic works 30

Chapter IV. Koman B., Yuzevych V.

Regularities of macroplastic deformation of narrow-band single crystals of CdxHg 1-xTe solid solutions 47

Chapter V. Luparenko O.

The analysis of the spectrum of resonant frequencies and natural vibration modes of a piecewise inhomogeneous region of a rectangular cross section...59

Chapter VI. Sokil B., Senyk A., Sokil M., Andrukhiv A.

Dynamics of two-dimensional flexible elements of drive systems, which are characterized by constant speed of longitudinal movement 70

Chapter VII. Gervolska K.

Experimental research on determination of the electric resistance of soils with various degrees of humidity, mineralization and temperature 78

Chapter VIII. Kokhan O., Rever A.

Lithology of the lower planorbel deposits of the maykop series of the Indolo-Kuban and Southern Kerch departures 85

Тарас Уляна Михайлівна¹, Руда Марія Віталіївна²

Taras U.

Ruda M.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ СТРУКТУРИ І МІКОЛОГІЧНОГО СКЛАДУ ҐРУНТІВ ПІСЛЯ ЧИСЛЕННИХ НЕКОНТРОЛЬОВАНИХ ПІДПАЛІВ РОСЛИННОСТІ, ТА ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДИКИ ВІДНОВЛЕННЯ МІКОРИЗОВАНИМ РОЗЧИНОМ НА ОБ'ЄКТІ ПРИРОДО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ «ГОРА ЛЕВА» У МІСТІ ЛЬВІВ. ДОСЛІДЖЕННЯ 2020 РОКУ

STUDY OF CHANGES OF SOIL AND MYCOLOGICAL AFTER NUMEROUS UNCONTROLLED
ARSON VEGETATION AND METHOD OF RECOVERY SOLUTION TO MIKORYZOVANYM
OBJECTS OF NATURE RESERVE FUND MOUNTAIN LION IN LVIV. RESEARCH OF 2020

АНОТАЦІЯ:

Регіональний ландшафтний парк «Знесіння» оголошений об'єктом природно-заповідного фонду України ухвалою Львівської обласної Ради народних депутатів від 02 грудня 1993 року №327. Парк створений для збереження і відтворення унікального природно-історичного комплексу гряди Знесіння і прилеглих територій давніх поселень Знесіння і Кривчиць. Територія Парку належить до категорії земель природоохоронного, оздоровчого, рекреаційного та історико-культурного призначення. Для Парку відведена територія площею 312,10 га. Для регулювання впливу міського оточення і формування єдиного природно-архітектурного ансамблю Парку і прилеглих територій, виділяється охоронна зона площею 473,61 га. Площа Парку разом з охоронною зоною – 785,71 га. В роботі проведено ряд мікологічних досліджень різних ділянок ґрунту а також вираховано всі необхідні показники та коефіцієнти для ефективного моніторингу стану ґрунтів. Під час досліджень застосовується споровий препарат на органічній основі. Дослідження проводились у весняний період. Для закріплення ефекту та з метою мінімізації ризику втрати позитивної динаміки, з урахуванням негативних сукцесійних змін, які спостерігались раніше, рекомендується провести впродовж вегетаційного сезону повторну інокуляцію мікоризованим споровим препаратом ґрунту гори Лева в РЛП «Знесіння».

¹ канд. с-г. наук, директор

Регіональний ландшафтний парк «Знесіння», УКРАЇНА

Ph.D (Agricultural sciences), Director

RLP «Znesinnia», UKRAINE

² канд. техн. наук, старший викладач

Національний університет «Львівська політехніка», УКРАЇНА

Ph.D (Technical sciences), Senior Lecturer

Lviv Polytechnic National University, UKRAINE

ABSTRACT:

Regional Landscape Park «Znesinnia» was declared an object of nature reserve fund of Ukraine by the decision of the Lviv Regional Council of People's Deputies. The park was created to preserve and recreate the unique natural and historical complex of the Znesinnia ridge and the adjacent territories of the ancient settlements of Znesinnia and Kryvchytsia. The territory of the Park belongs to the category of lands of nature protection, health, recreational and historical-cultural purpose. The Park has an area of 312.10 hectares. To regulate the impact of the urban environment and the formation of a single natural and architectural ensemble of the Park and adjacent areas, a protection zone of 473.61 hectares is allocated. The area of the Park together with the protection zone is 785.71 hectares. An organic-based spore preparation is used in the research. The research was conducted in the spring. To consolidate the effect and to minimize the risk of loss of positive dynamics, taking into account the negative succession changes observed earlier, it is recommended to re-inoculate during the growing season with mycorrhizal spore preparation of the soil of Mount Leva in RLP «Znesinnia».

ВСТУП.

На території часто відбуваються неконтрольовані підпали сухої рослинності у весняний та осінній періоди. Пам'ятки природи, а зокрема «Гора Лева» на якій переважає цінна і червонокнижна рослинність потерпають від впливів вогню. Для цього нами запропоновано застосувати метод біологічної рекультивації з використанням мікоризного препарату для природного відновлення структури ґрунту та екотопу загалом. Перший етап досліджень проводили у 2020 році.

Згідно таксаційного опису природних комплексів та об'єктів регіонального ландшафтного парку місцевого значення «Знесіння», м. Львів – гора Лева в РЛП «Знесіння» – це гора з дуже крутими схилами різних експозиції. Характерна степова рослинність. Поодинокі ростуть кущі шипшини, бересклету. Із Західної сторони вихід скельних порід з крутим обривом, відноситься до С2ГСД типу лісорослинних умов; 2-й бонітет, тип ландшафту – ВП; клас естетичної оцінки – 1; ступінь стійкості – 4; клас рекреаційної оцінки – 1; клас пішохідної доступності – 3; стадія рекреаційної дигресії – 3. Розрахунок збитків, завданих природно-заповідному фонду внаслідок надзвичайних ситуацій (НС), провадиться на основі визначення обсягу відшкодувань на відновлення первинного стану екосистем заповідної території чи об'єкта з використанням для розрахунків такс, затверджених постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 541 «Про затвердження такс для обчислення розміру шкоди, заподіяної порушенням законодавства про природно-заповідний фонд», абзац перший розділу І в редакції Постанови КМ N 862 (862-2003-п) від 04.06.2003.

Наслідки НС, що призводять до невідновних втрат, опосередковано оцінюються експертним шляхом через систему економічних та соціальних збитків.

ДОСЛІДЖЕННЯ ШКОДИ ЗАПОДІЯНОЇ ВНАСЛІДОК ПІДПАЛІВ У 2020 РОЦІ.

Проводили розрахунок розміру шкоди заподіяної внаслідок підпалів у 2020 році.

Згідно Постанови від 15 лютого 2002 р. Про затвердження Методики оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру (із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ N 862 (862-2003-п) від 04.06.2003), здійснюється оцінка втрат на кожній заповідній території чи об'єкті внаслідок НС, що визначаються шляхом виділення типових біогеоценозів, подібних за типом рослинних угруповань, умовами місцезростання, віком та походженням, для закладання пробних площ. На пробних площах здійснюється експертне оцінювання змін стану біогеоценозу внаслідок НС стосовно його первинного стану та біогеоценозів-аналогів. Підраховується кількість знищених та пошкоджених рослин і тварин за видовим складом. Визначається кількість знищених рослин і тварин а окремих популяцій інших видів організмів, занесених до Червоної книги. Визначається відповідність стану типу біогеоценозу після НС його нормальному незмінному стану.

Загальні економічні втрати об'єкта природно-заповідного фонду від наслідків НС ($P_{пзф}$) згідно пункту 9 Розрахунок збитків від втрат природно-заповідного фонду, цієї методики визначаються як сума витрат на відновлення природного стану та сума збитків від недоотриманих надходжень від рекреаційної, наукової, природоохоронної, туристсько-екскурсійної та іншої діяльності установи і розраховуються за такою формулою:

$$P_{пзф} = P_3 + P_3, \quad (1)$$

де $P_{пзф}$ – загальні економічні втрати об'єкта природно-заповідного фонду від наслідків НС;

P_3 – сума витрат на відновлення природного стану об'єкта природно-заповідного фонду;

P_3 – недоотримані надходження від рекреаційної, наукової, природоохоронної, туристсько-екскурсійної та іншої діяльності установи природно-заповідного фонду.

Витрати на відновлення природного стану об'єкта природно-заповідного фонду (P_3) розраховуються за такою формулою:

$$P_3 = A_n + A_{нс} + \sum_{i=1}^k I_i, \quad (2)$$

де A_n – витрати на експертизу екологічної та ландшафтної структури об'єкта природно-заповідного фонду;

A_{nc} – витрати на експертизу змін стану біогеоценозів об'єкта природно-заповідного фонду, що постраждав внаслідок НС;

Згідно Протоколу угоди про договірну ціну на науково-технічну продукцію, додаток 2, Договору № 53 витрати на експертизу екологічної та ландшафтної структури об'єкта природно-заповідного фонду та витрати на експертизу змін стану біогеоценозів об'єкта природно-заповідного фонду, що постраждав внаслідок НС становлять 3000 грн.

I – розмір збитків, заподіяних і-му біогеоценозу внаслідок НС за окремими складовими збитків (відповідно до статті 65 Закону України «Про природно-заповідний фонд України» та постанови Кабінет Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 541 «Про затвердження такс для обчислення розміру шкоди, заподіяної порушенням законодавства про природно-заповідний фонд»);

Згідно таксаційного опису природних комплексів та об'єктів регіонального ландшафтного парку місцевого значення «Знесіння», м. Львів:

– для обчислення розміру шкоди, заподіяної порушенням законодавства про природно-заповідний фонд внаслідок пошкодження дерев та рослин, що мають здерев'яніле стебло, до ступеня неприпинення росту: $115 \text{ грн.} + (423 \text{ грн.} \times 2 \text{ шт.}) + (616 \text{ грн.} \times 2 \text{ шт.}) + 1795 \text{ грн.} = 4117 \text{ грн.}$

– для обчислення розміру шкоди, заподіяної порушенням законодавства про природно-заповідний фонд внаслідок незаконного збору або знищення дикорослих трав'янистих рослин, лісової підстилки, лікарських рослин, дикорослих плодів, горіхів, грибів, ягід, другорядних лісових матеріалів: $(49 \text{ грн.} \times 5 \text{ шт.}) + (44 \text{ грн.} \times 20 \text{ шт.}) + (11 \text{ грн.} \times 17 \text{ шт.}) + 165 \text{ грн.} = 1477 \text{ грн.}$

– для обчислення розміру шкоди, заподіяної порушенням законодавства про природно-заповідний фонд внаслідок пошкодження карстово-спелеологічних, геологічних та гідрологічних об'єктів: $20 \text{ шт.} \times 156 \text{ грн.} = 3120 \text{ грн.}$

Згідно Постанови Кабінету міністрів України від 26 грудня 2003 р. № 2030 «Про затвердження Порядку обліку пожеж та їх наслідків» {із змінами, внесеними згідно з Постановами КМ N 726 (726-2006-п) від 25.05.2006 N 648 (648-2007-п) від 20.04.2007; N 293 (293-2008-п) від 02.04.2008; N 944 (944-2009-п) від 03.09.2009; N 1109 (1109-2011-п) від 20.10.2011; N 657 (657-2012-п) від 18.07.2012; N 380 (380-2013-п) від 29.05.2013; N 294 (294-2017-п) від 26.04.2017 } пункт 13 та 19 розраховуємо збитки за випалювання рослинності на основі Постанови Кабінету Міністрів України 8 квітня 1999 р. № 559 «Про такси для обчислення розміру шкоди, заподіяної зеленим насадженням у межах міст та інших населених пунктів» {із змінами, внесеними згідно з Постановами КМ № 1789 від 28.12.2001 № 111 від 01.02.2012}, згідно додатка 3 до цієї Постанови (у редакції постанови Кабінету Міністрів України від 28 грудня 2001 р. № 1789) для обчислення розміру шкоди, заподіяної внаслідок використання не за призначенням парків, скверів, гідропарків, інших озелених та земельних ділянок, відведених для їх створення, а також за самовільний проїзд та заїзд на них транспортних засобів, засмічення водойм на їх територіях: $0,97 \text{ га} \times 50 \text{ грн/м}^2 = 4850 \text{ грн/м}^2$.

k – кількість типів біогеоценозів. Вихідні дані про типові біогеоценози визначаються у проекті організації території природно-заповідного фонду та Літопису природи, який ведеться щодо окремих категорій територій природно-заповідного фонду.

На основі фактичних даних згідно формули (2) розраховано:

$$П_3 = 3000 + 26864 = 29864(\text{грн.}),$$

Втрати природно-заповідного фонду від недоотримання надходжень внаслідок НС від рекреаційної, наукової, природоохоронної, туристсько-екскурсійної та іншої діяльності (P_3) розраховуються щодо кожної установи за сумою різниці економічного ефекту до і після НС:

$$P_3 = S_{j=1}^m (Q_j - Q_j), \quad (3)$$

де Q_i – прибуток i -ї установи природно-заповідного фонду до НС;

Q_j – прибуток j -ї установи природно-заповідного фонду після НС.

Згідно статуту регіонального ландшафтного парку «Знесіння», що діє, як неприбуткова установа відсутні фінансові документи установи природно-заповідного фонду, де містяться дані про економічний ефект від рекреаційної діяльності та кількість відвідувачів, саме тому, для подальших розрахунків значення P_3 приймаємо рівним 1, тоді загальні економічні втрати об'єкта природно-заповідного фонду від наслідків НС становлять:

$$P_{пзф} = 29864 + 1 = 29865 (\text{грн.})$$

Окрім розрахунку заподіяної шкоди ми дослідили мікологічний склад ґрунту гори Лева, РЛП «Знесіння».

ДОСЛІДЖЕННЯ МІКОЛОГІЧНОГО СКЛАДУ ҐРУНТУ ГОРИ ЛЕВА, РЛП «ЗНЕСІННЯ»: 12.03.2020 РОКУ.

Назва зразка: ґрунтосуміш

Мета дослідження: мікологічний аналіз ґрунту

Дата надходження матеріалу в лабораторію: 12.03.2020 р.

Метод дослідження: виділення мікроміцетів було виконане методом серійних ґрунтових розведень Ваксмана на агаризованому поживному середовищі. Зразки були опрацьовані на середовищах Чапека, Гетчинсона і сусло-агарі. Підраховували кількість колонієутворюючих одиниць, виявляли просторову частоту трапляння і кількість кожного виду. Для ідентифікації використовували визначник і статті за окремими групами. Кількісне визначення міцелія в ґрунті проводили методом прямого підрахунку на шкельцях за С.Н. Виноградським.

Застосовували метод енвірон-аналізу визначення взаємозв'язків (на основі нелінійної кореляції Спімермана) між показниками системного рівня.

Заключення дослідження: Основу комплексу мікроміцетів складають домінантні види, представлені 16 видами і слугує якісною мірою для порівняння мікологічних властивостей ґрунту. У досліджуваних зразках, було виявлено види сімейств Orbliaceae, Rutstroemiaceae, Sclerotiniaceae та Vibrisseaceae – евритрофні види. Спостерігається також деяка видова спеціалізація. Для оцінки і порівняння видового різноманіття мікроміцетів в досліджуваних зразках були використані індекси Шеннона і Бріллуена, які вираховуються на основі насиченості. Вибірка не може вважатися повною, в зв'язку з тим, що використовуване середовище є в тій чи іншій мірі селективним, відповідно, вибірки не можуть вважатися випадковими. Індекс біорізноманіття може вважатися високим, хоча для нього характерне невелике число видів, проте спостерігається висока вирівнюваність видової насиченості. Для оцінки схожості досліджуваних зразків з біотопами використовувався коефіцієнт схожості за Жаккардом з використанням якісних даних. Хоча списки видів для окремих біотопів мають багато спільного, коефіцієнти схожості малі.

Загальний висновок дослідження, за результатами дослідження зразків ґрунту – список і структура комплексу видів ґрунтових грибів не належать до тих облигатних симбіонтів, що здатні самостійно утворювати спеціалізовані симбіотичні структури – мікоризу. Однак, в досліджуваних зразках присутні облигатні симбіонти, що належать до класу Zygomycetes. У ґрунті, за сприятливих умов, може відбуватися розвиток позакоренових гіф, які при взаємодії з комплексом грибів, що формують арбускулярно-везикулярну мікоризу здатні утворювати «зовнішній міцелій».

Таблиця 1

Аналіз мікологічних зразків (перший)

Список видів	Частота трапляння, %		Щільність ізолятів, %		К-ть видів (S)	Радіальна швидкість росту, мм/год
	просторова	тимчасова	просторова	тимчасова		
1	2	3	4	5	6	7
<i>Mucor corticola</i> Hagem	35	37	7,61	7,93	×	7,98
<i>M. plumbeus</i> Bonord	52	48	9,36	7,19	×	5,36
<i>Mortierella lignicola</i> (G. W. Martin) W. Gams et Moreau	35	32	5,69	6,71	×	6,78
<i>M. polycephala</i> Coem.	28	28	4,85	4,92	×	5,46
<i>Pseudoterotium zonatum</i> J. F. H. Beyma	9	8	3,47	3,68	×	3,25
<i>Humicola grisea</i> var. <i>grisea</i> Traaen	12	10	2,69	3,01	×	2,73

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
<i>Clonostachys rosea</i> f. <i>rosea</i> (Link) Schoroers, Samuels, Seifert et W. Gams	12	10	2,47	2,51	×	2,79
<i>Colletotrichum dematium</i> (Pers.) Grove	9	7	2,54	5,59	×	3,45
<i>Cylindrocarpon destructans</i> (Zmssm.) Sholten	7	10	2,68	2,74	×	3,41
<i>Fusarium moniliforme</i> J. Sheld.	18	21	2,89	3,01	×	3,67
<i>F. oxysporum</i> Schltdl.	17	14	2,52	2,47	×	3,54
<i>F. sambucinum</i> Fuckel	16	20	2,63	2,73	×	3,68
<i>Volutella ciliata</i> (Alb. et Schwein.) Fr.	12	10	2,41	2,56	×	2,51
<i>Alternaria tenuissima</i> (Kunze) Wiltshire	10	8	3,41	2,56	×	3,24
<i>Arthrinium phaeospermum</i> (Corda) M. B. Ellis	45	48	2,23	1,34	×	4,36
<i>Aspergillus flavus</i> Link	24	30	3,64	3,55	×	2,47
<i>A. niger</i> var. <i>niger</i> Tiegh	30	26	3,47	2,57	×	3,48
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fresen.) G. A. de Vries	8	12	3,21	3,17	×	2,42
<i>Godronia filiginosa</i> (Fr.) Seaver	12	12	2,18	2,26	×	1,38
<i>Bulgaria inquinans</i> (Pers.: Fr.) Fr.	17	20	3,19	2,17	×	2,71
Темнозабарвлений №2	30	30	6,5	6,3	×	2,15
	×	×	×	×	40	×

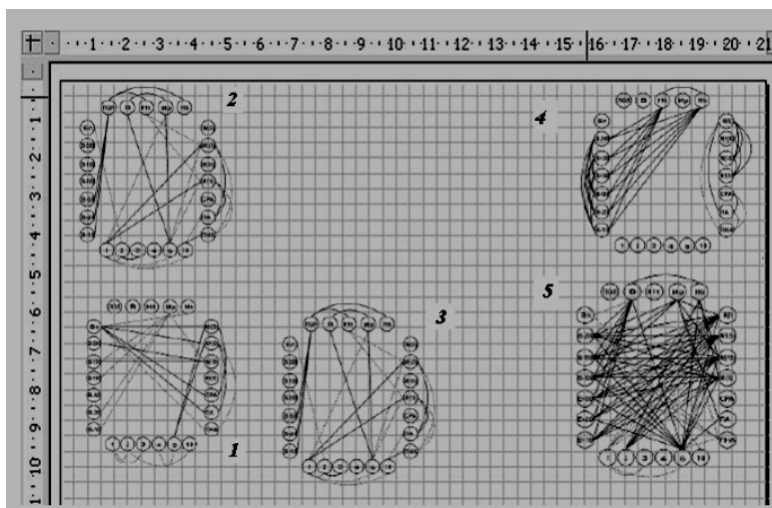


Рис. 1. Матриця морфологічних ознак кореляційних плеяд мікроміцетів у досліджуваних зразках*

1 – густина посіву (дуже висока); 2 – густина посіву (висока); 3 – густина посіву (середня);
4 – густина посіву (низька); 5 – густина посіву (розріджений посів);

**По осі абсцис – фактор подібності матриці (F1); по осі ординат – фактор специфічності матриці (F2). Умовні позначення кореляцій: $0,7 < r < 0,8$ – тонка лінія, $0,8 < r < 0,9$ – жирна лінія; $r > 0,9$ – подвійна лінія; $r < 0$ – пунктирна лінія.*

Заключення після графіки дослідження: За загальною і узгодженої мінливості виділені три групи ознак: першу групу становили еколого-біологічні індикатори – високо детерміновані і сильно мінливі ознаки: довжина міцелію, число і загальна довжина міцелію; структура зв'язків ознак еколого-біологічної групи досить стабільна при зміні щільності посіву ($FD1 = 77,4 - 83,2\%$).

Найбільш стабільними і незалежними від впливу щільності посіву виявилися показники таксономічної ознаки – товщина міцелію. Проміжне становище по загальній і узгодженій мінливості займають такі ознаки як довжина префлоральної і флоральної частини міцелію. При збільшенні щільності посіву (від 4 до 2 варіанту) відбувається спочатку збільшення варіабельності і ступеня детермінованості більшості еколого-біологічних ознак, а потім зменшення їх загальної та узгодженої мінливості (варіант 2). У цих умовах більшість ознак еколого-біологічної групи об'єднується в єдину плеяду. В умовах дуже високого (варіант 1) і сильно розрідженого посіву (варіант 5) спостерігаються перебудови кореляційної структури, що носять різний характер в будь-якому вигляді. В умовах розрідженого посіву не виявляється зв'язку між біомасою міцелія з іншими ознаками

Після внесення добрив на основі мікоризи нами було проведено повторне дослідження мікологічного аналізу ґрунту гори Лева в РЛП «Знесіння».

ПОВТОРНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МІКОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ ҐРУНТУ ГОРИ ЛЕВА В РЛП «ЗНЕСІННЯ»: 10.08.2020 РОКУ.

Назва зразка: ґрунтосуміш

Мета дослідження: мікологічний аналіз ґрунту

Дата надходження матеріалу в лабораторію: 10.08.2020 р.

Метод дослідження: виділення мікроміцетів було виконане методом серійних ґрунтових розведень Ваксмана на агаризованому поживному середовищі. Зразки були опрацьовані на середовищах Чапека, Гетчинсона і сусло-агарі. Підраховували кількість колонієутворюючих одиниць, виявляли просторову частоту трапляння і кількість кожного виду. Для ідентифікації використовували визначник і статті за окремими групами. Кількісне визначення міцелія в ґрунті проводили методом прямого підрахунку на шкельцях за С.Н. Виноградським.

Таблиця 2

Повторний мікологічний аналіз досліджуваних зразків

Список видів	Частота трапляння, %		Щільність ізолятів, %		К-ть видів (S)	Радіальна швидкість росту, мм/год
	просторова	тимчасова	просторова	тимчасова		
<i>Eupenicillium pinetorum</i> Stolk	10	12	9,5	9,2	×	8,74
<i>Acremonium berkeleyanum</i> (P. Karst) W. Gams	10	8	8,3	7,6	×	7,52
<i>Aspergillus candidus</i> Link: Fr.	10	14	7,7	6,8	×	7,12
<i>Beauveria bassiana</i> (Bals.-Criv.) Vuill.	10	12	6,9	6,5	×	6,08
<i>Trichoderma hamatum</i> (Bonord.) Bainier	50	48	6,2	5,9	×	5,71
<i>T. polysporum</i> (Link: Fr.) Rifai	20	22	5,6	5,3	×	5,48
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.: Fr.) Keissl.	40	38	4,8	4,4	×	4,62
<i>Cladosporium herbarum</i> (Pers.: Fr.) Link	20	18	4,3	3,9	×	3,87
<i>Phialophora americana</i> (Nannf.) S. Hughes	10	8	3,8	3,6	×	3,54
<i>Trichocladium opacum</i> (Coarda) S. Hughes	10	14	2,7	2,5	×	2,48
<i>Ulocladium chartarum</i> (Preuss) E. G. Simmons	10	12	2,3	2,1	×	2,17
<i>Coniothyrium fuckelii</i> Sacc.	10	8	1,7	1,5	×	1,68
<i>Phoma euperena</i> Sacc.	10	12	1,6	1,4	×	1,32
<i>P. putaminum</i> Speg.	10	8	1,3	1,1	×	1,24
	×	×	×	×	37	×

Таблиця 3

Розрахунок мікологічних характеристик ґрунту гори Лева в РЛП «Знесіння»

Мікологічна характеристика ґрунту гори Лева									
Регресія									
TM	KN	OM	CR	HD	TR	NT	RC	LC	FH
9,2	7,5	7,6	6,3	11,6	3,0	5,0	6,2	1,1	3,0
Середнє (Max + Min)/2 за факторами середовища									
8,7	8,5	7,5	7,9	10,7	7,5	5,9	7,1	3,0	5,1

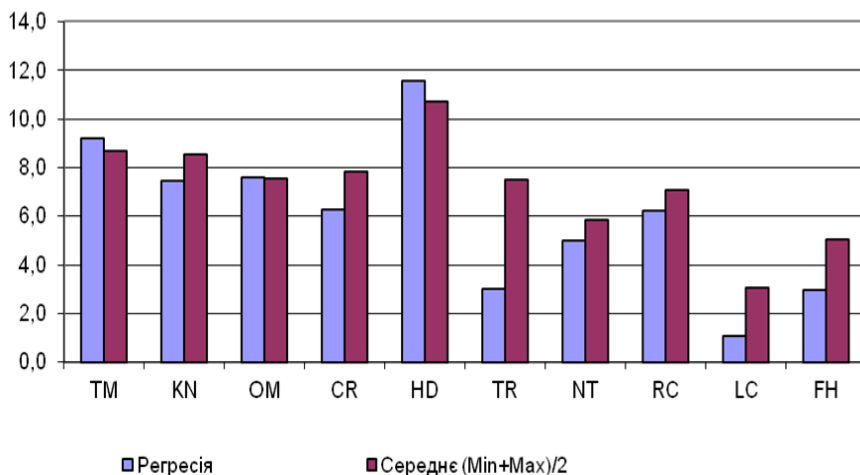


Рис. 2. Порівняльна гістограма методів розрахунку мікологічних характеристик ґрунту гори Лева в РЛП «Знесіння»

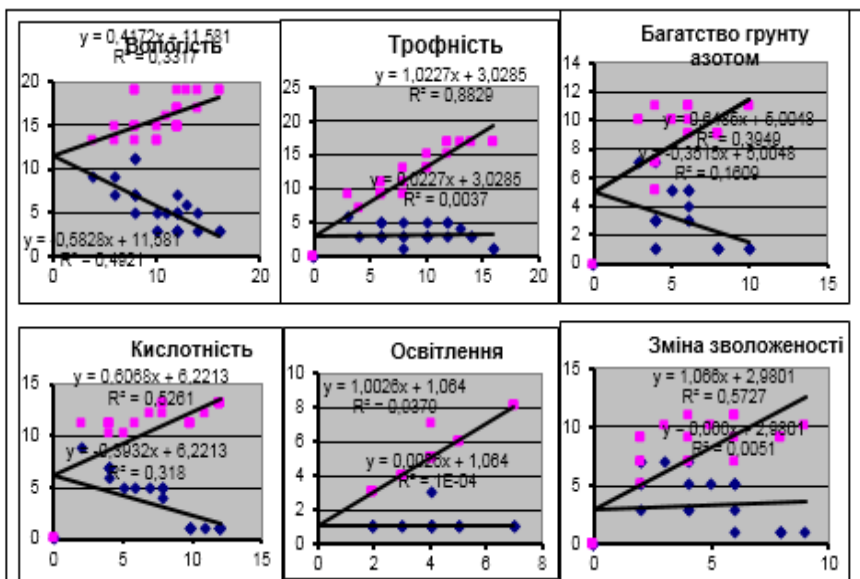


Рис. 3 (початок). Графічне зображення розрахунку мікологічних характеристик ґрунту гори Лева

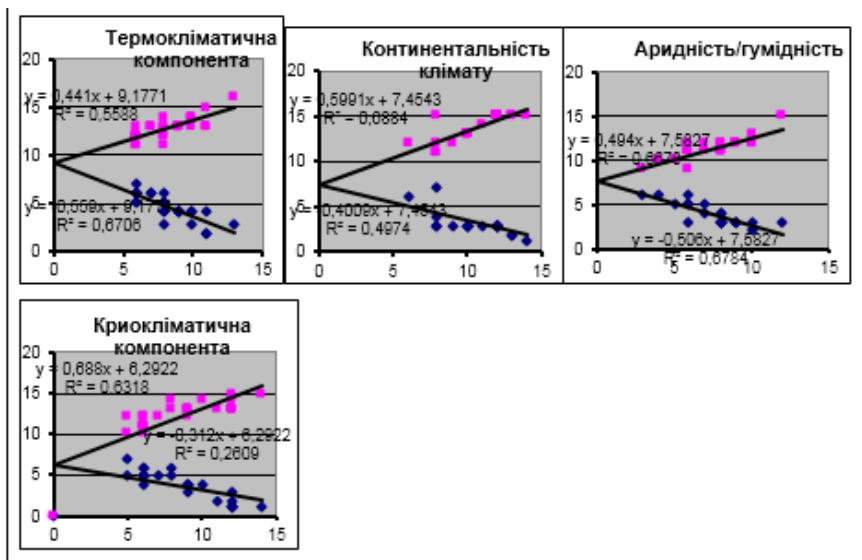


Рис. 3 (продовження). Графічне зображення розрахунку мікологічних характеристик ґрунту гори Лева

Таблиця 4

Хімічний склад обробленого і необробленого ґрунту

№	Показники	10.06.2020		31.07.2020	
		з обробкою	без обробки	з обробкою	без обробки
1	Короткі мікоризні корені, %	68,6	1,2	70,2	9,5
2	Абсолютно-суха маса рослини, мг	207,9	160,2	337,2	180,6
3	Абсолютно-суха коріння, мг	72,3	73,0	127,4	74,6
4	Абсолютно-суха пагонів, мг	135,6	87,2	209,8	106,0
5	Відношення абсолютно-сухої маси коріння до пагонів	0,53	0,84	0,61	0,71
6	Азот, % до абсолютно-сухої маси	1,49	1,23	1,60	1,20
7	Азот в одному сіянці, мг	3,1	2,0	5,4	2,2
8	Фосфор, % абсолютно-сухої маси	0,13	0,08	0,21	0,07
9	Фосфор в одному сіянці, мг	0,27	0,13	0,72	0,13
10	Калій, % до абсолютно-сухої маси	0,45	0,55	0,63	0,45
11	Калій в одному сіянці, мг	1,03	0,88	2,12	0,81

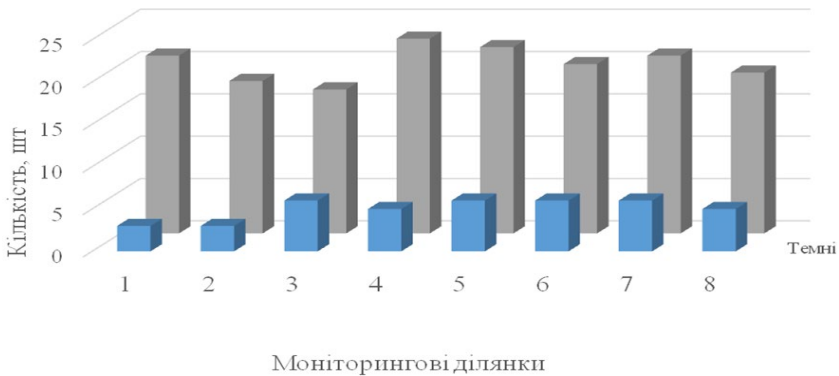


Рис. 5. Кількісна структура мікроміцетів у ґрунті гори Лева в РЛП «Знесіння» до мікоризації (Темні) та після мікоризації

Заключення після другого дослідження: Встановлено, що рослини в мікоризованому ґрунті поглинають непропорційно більшу кількість мінеральних елементів живлення в перерахунку на абсолютно-суху масу рослин.

Між термінами відбору зразків для проведення дослідження азот, фосфор та калій майже не поступали в немікоризований ґрунт, тоді, як в оброблений мікоризним препаратом ґрунт збільшились абсолютний та процентний вміст цих елементів живлення в рослинах. В майбутньому часі незаражені мікоризними грибами рослини починали виявляти симптоми голодування і гинули, а мікоризовані продовжували рости.

Наведені відомості свідчать про те, що використання запропонованого способу біологічної рекультивації та мікоризація ґрунту забезпечує вищу приживлюваність та ріст рослинних ценозів та сприяє ефективній біологічній рекультивації гори за рахунок мікоризації коріння, формування рослинного покриву та ризосферної ремедіації території.

Результат порівняння до і після обробітку ґрунту доводять, що застосування препарату змінює співвідношення темно і світло забарвленого міцелію ґрунту, значно знизився відсоток темнозабарвлених видів, натомість у ґрунті збільшилося видове різноманіття мікроміцетів та суттєво активізує процеси відновлення ґрунтової мікрофлори та стабілізацію ґрунотворних процесів, ремедіації ґрунту від органічних, неорганічних забруднювачів та ксенобіотиків.

ВИСНОВКИ З ТЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ.

У зв'язку з вкрай несприятливими мікологічними умовами та з метою забезпечення сприятливих для рослин *Cornus mas* L. ґрунтових умов необхідне формування арбускулярно-визукулярної мікоризи, що утворені мікроміцетами – облігатними симбіонтами і належать до класу *Zygomycetes* порядку *Glomales*, родів *Glomales* та *Sclerocystis*; занепокоєння становить також процес відновлення мікологічного складу та структури ґрунту, а також ґрунтових умов загалом, що унеможливорює природне самовідновлення пошкодженої пожежею гори; пропонується для пришвидшення процесу відновлення ушкоджених ділянок використовувати препарати, що стимулюють ріс та розвиток мікоризи. Для закріплення ефекту та з метою мінімізації ризику втрати позитивної динаміки, з урахуванням негативних сукцесійних змін, які спостерігались раніше, рекомендується провести впродовж вегетаційного сезону повторну інокуляцію мікоризованим споровим препаратом ґрунту гори Лева в РЛП «Знесіння». Такі дослідження заплановано на осінь 2020 року з повторним внесенням суспендованого мікоризного розчину в ґрунт.

REFERENCES:

- [1] Pat. UA 111249 C2. Sposib fitoryzoremediacii devastovanykh gruntiv / Oliferchuk V.P., Paslavs'kyy M.M., Ruda M.V.; заявник і власник Derzhavnyy vyshhyj navchal'nyy zaklad «Nacional'nyy lisotekhnichnyy universytet Ukrainy» – № а 2014 06794; заявл. 16.06.2014; opubl. 11.04.2016, Bjul. № 7.
- [2] Pat. UA 111392 C2. Sposib syl'vatyzacii korinnykh derevostaniv / Oliferchuk V.P., Paslavs'kyy M.M., Ruda M.V.; заявник і власник Derzhavnyy vyshhyj navchal'nyy zaklad «Nacional'nyy lisotekhnichnyy universytet Ukrainy» – № а 2014 06774; заявл. 16.06.2014; opubl. 25.04.2016, Bjul. № 8.
- [3] Pat. UA 111393 C2. Sposib ryzoremediacii devastovanykh zemelj / Oliferchuk V.P., Paslavs'kyy M.M., Ruda M.V.; заявник і власник Derzhavnyy vyshhyj navchal'nyy zaklad «Nacional'nyy lisotekhnichnyy universytet Ukrainy» – № а 2014 06776; заявл. 16.06.2014; opubl. 25.04.2016, Bjul. № 8.
- [4] Bilaj V. I. (1989). *Osnovy obshhej mikologii*. Kyiv: Vishha shkola.
- [5] GOST 10148–88. Metody agrohimicheskogo analiza. Opredelenie podvizhnogo marganca v pochvah po Krupskomu i Aleksandrovoj v modifikacii CINAО.
- [6] GOST 5180–84. Grunty. Metody laboratornogo opredelenija fizicheskikh harakteristik.



Даценко Людмила Миколаївна¹, Леженкін Іван Олександрович²

Datsenko Liudmyla

Lezhenkin Ivan

ТЕМРЮЦЬКА ПЕРСПЕКТИВНА ПЛОЩА (СХІДНЕ ПРИАЗОВ'Я) ОБЛИЦЬОВАНИХ МАТЕРІАЛІВ: ГЕОЛОГІЯ, СТРАТИГРАФІЯ, ГЕОЛОГО-ГЕОДЕЗИЧНІ РОБОТИ

TEMRYUK PROSPECTING AREAS (EASTERN AZOV AREA) OF LINING MATERIALS: GEOLOGY, STRATIGRAPHY, GEOLOGICAL-GEODESIC WORKS

АНОТАЦІЯ:

Темрюцька перспективна площа розташована на території Нікольського району (колишній Володарський) Донецької області, в 3 кілометрах на південь від с. Старченкове, на правому березі р. Темрюк. Географічні координати центру Темрюцької ділянки: довгота 37 градусів 12 хвилин 30 секунд східної довготи, 47 градусів 3 хвилини 30 секунд північної широти. Серед порід, які використовуються як облицьований камінь, переважають граніти. Облицьовані матеріали мають широке застосування в будівництві як чудовий довгостроковий і міцний матеріал. При проведенні пошуково-оціночних робіт в межах Темрюцької перспективної площі були виконані наступні види топографо-геодезичних робіт: геодезичне обґрунтування; згущення геодезичного розташування; геофізичне забезпечення наземної магнітної зйомки по мережі 100x10 м; прив'язка пробурених свердловин до пунктів геодезичного розташування (планова та висотна). Темрюцьке родовище облицьованих плагіогранітів має сприятливі гірничо-геологічні умови для розробки на блоки. Опрацювання наукових робіт світової геологічної спільноти стосовно родовищ гранітів (плагіогранітів) призвело нас до висновку, що граніти Темрюцької площі Володарської ділянки мають більш високі геолого-економічні показники, дослідження яких і є подальшою метою для авторів.

ABSTRACT:

Temryuk prospecting areas are situated in the Volodarskyi district of Donetsk region, in 3 km northen outside the village Starchenkov, on the right bank of the Temryuk River. Geographic coordinates to the center of the Temryuk prospecting areas: 37 degrees 12 minutes 30 seconds of eastern latitude, 47 degrees 3 minutes of 30 seconds of northen latitude. The lining materials are widely used in construction as an excellent long-term and durable material. The following types of topo-graphic and geodetic works were performed during the search and assessment works within

¹ д-р. геол. наук, професор

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, УКРАЇНА

D.Sc. (Geological sciences), Professor

Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, UKRAINE

² канд. техн. наук, старший викладач

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, УКРАЇНА

Ph.D (Technical sciences), Senior Lecturer

Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, UKRAINE

the Temryuk prospecting areas: geodetic justification; concentration of geodetic laying-out; geophysical support of ground magnetic survey over a network of 100x10 m; binding of drilled wells to points of geodetic laying-out (planned and high-altitude). Temryuk prospecting areas of plagiogranite lin-ing materials has favorable mining and geological conditions for development into blocks. The pro-cessing of scientific works of the world geological community regarding granite (plagiogranite) de-posit's led us to the conclusion that the granites of the Temryuk area of the Volodarskyi area have higher geological and economic indicators, the study of which is a further goal for the authors.

ВСТУП.

Родовища будівельних і облицьованих матеріалів поширені на всій території України. Налічується близько 4000 родовищ будівельних і облицьованих матеріалів, з яких половина інтенсивно розробляється. Родовища представлені практично усіма видами будівельної сировини і є надійною основою розвитку промисловості будівельних матеріалів. Незважаючи на значні розвідані запаси будматеріалів, освоєння цих родовищ промисловістю відбувається нерівномірно. Ця нерівномірність освоєння родовищ має об'єктивні причини і визначається природними географо-економічними умовами України, розташуванням розвіданих родовищ під високопродуктивними орними землями.

Серед порід, які використовуються як облицьований камінь, переважають граніти. Облицьовані матеріали мають широке застосування в будівництві як чудовий довгостроковий і міцний матеріал. Гранітні блоки для виробництва облицьованих виробів є дефіцитними в Донбасі. Наявні підприємства обробки каменю в містах Донецької області працюють на сировині з інших регіонів України (Житомирської, Запорізької, Кіровоградської областей та ін.). Гранітні блоки є досить специфічною сировиною. З численних родовищ облицьовального каменю України блоки кристалічних порід жодного родовища не подібні блокам іншого родовища. Граніти відрізняються за кольором, структурою, текстурою. Вельми перспективним може бути експорт гранітних блоків в зарубіжні країни Європи, враховуючи близькість дешевих транспортних шляхів - морських транспортних ліній Азовського моря. Таким чином, гранітні блоки є дуже перспективним сировиною для економічного розвитку України.

Метою наукових досліджень стало геологічне вивчення Темрюцької перспективної площі та геологічних умов залягання плагіогранітів.



Для виконання мети були поставлені та частково вирішені завдання:
надати повну геолого-петрографічну характеристику Темрюцької перспективної площі плагіогранітів з урахуванням стратиграфії, тектоніки, гідрогеологічних умов та історії геологічного розвитку території; взяти участь у проведенні топографо-геодезичних робіт на площі.

ОСНОВНА ЧАСТИНА.

Матеріали, методи та види робіт. Співробітники кафедри геоекології і землеустрою Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного брали участь у роботі Приазовської ГРЕ (геолого-розвідувальної експедиції) у якості наукових співробітників протягом багатьох років. До 2014 року у Нікольському районі Донецької області було проведено комплекс геологічних робіт: пошукові маршрути, топографо-геодезичні роботи, буріння свердловин, геофізичні дослідження, пошукові та пошуково-оціночні роботи, стратиграфічні дослідження, робота з кернами та лабораторні випробування. Автори статті працювали з кернами, робили стратиграфічні висновки, приймали участь у лабораторних роботах на базі Приазовської геолого-розвідувальної експедиції в опробувальному цеху.

Автори мали можливість працювати з фондовими матеріалами експедиції, геологічними звітами, за що щиро вдячні співробітникам Приазовської ГРЕ. В основу наших досліджень покладено тематичну роботу «Критичний аналіз геолого-геохімічних даних із ціллю оцінки перспектив площ Приазов'я», яка була виконана в 1989-1991 рр. (ГЗ, 1991) [1] та надала можливість узагальнити геологічні, геохімічні, металогеохімічні дані по території Східного та Західного Приазов'я та розробити загальні пошукові критерії для різних груп корисних копалин, які мають чітку спеціалізацію.

Результати та їх обговорення. Темрюцька перспективна площа розташована на території Нікольського району Донецької області, в 3 кілометрах на південь від с. Старченкове, на правому березі р. Темрюк (рис. 1). Географічні координати центру Темрюцької ділянки: довгота 37 градусів 12 хвилин 30 секунд східної довготи, 47 градусів 3 хвилини 30 секунд північної широти [5].

Найближча залізнична станція - Розівка - розташована в 18,5 км на північний схід від площі. Великий промисловий центр, залізнична станція і морський порт м. Маріуполь розташований в 46 км на південний схід.

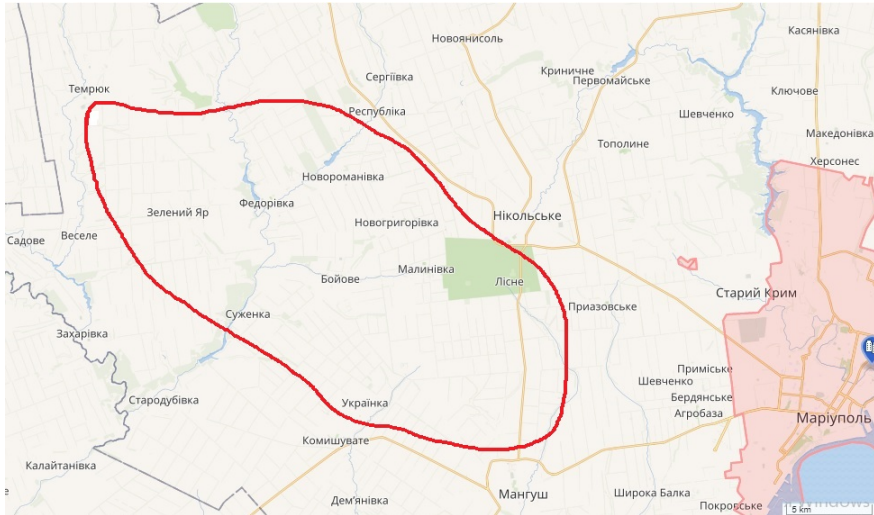


Рис. 1. Оглядова карта району дослідження

Територія завжди характеризувалася досить великою густотою населення, зайнятого в сільському господарстві і місцевої промисловості. Численні села і селища міського типу були з'єднані мережею автомобільних доріг з твердим покриттям. Але військові події на території Донецької області зруйнували все, навіть подальші геолого-зйомочні, геодезичні та науково-дослідні роботи у регіоні. Найбільшими залишаються автомагістралі державного значення Бердянськ - Запоріжжя і Маріуполь - Запоріжжя, Ростов - Бердянськ - Мелітополь, розташовані в 14 км на схід від і в 16 км на північний схід від Нікольського району.

Рельєф району - денудаційна хвилясто-горбиста рівнина, інтенсивно еродована річковими долинами, балками, ярами. Найбільшою водною артерією є р. Берда та її ліві притоки - р. Каратюк і р. Темрюк, на правому березі останньої розташована ділянка плагіогранітів. Велика частина площі (близько 90%) зайнята під сільськогосподарські угіддя і лише невелика частина непридатних під сільгоспугіддя земель розташована на берегах річок, балок, ярів. Безпосередньо через ділянку проходить велика електролінія потужністю 750 КВт.

Геологія. Темрюцька перспективна площа розташована у центральній частині Приазовського кристалічного масиву (Український кристалічний щит), в межах великої регіональної структури першого порядку - Центрально-Приазовського синклінія. В геологічному відношенні - це докембрійська



складчаста споруда із різноманітних за складом діслоційованих суперкрустальних, ультраметаморфічних та інтрузивних утворень архею і нижнього протерозою. Докембрійські породи перекриті горизонтально залягаючим чохлам осадових відкладень кайнозою й четвертичними утвореннями (рис. 2) [1].

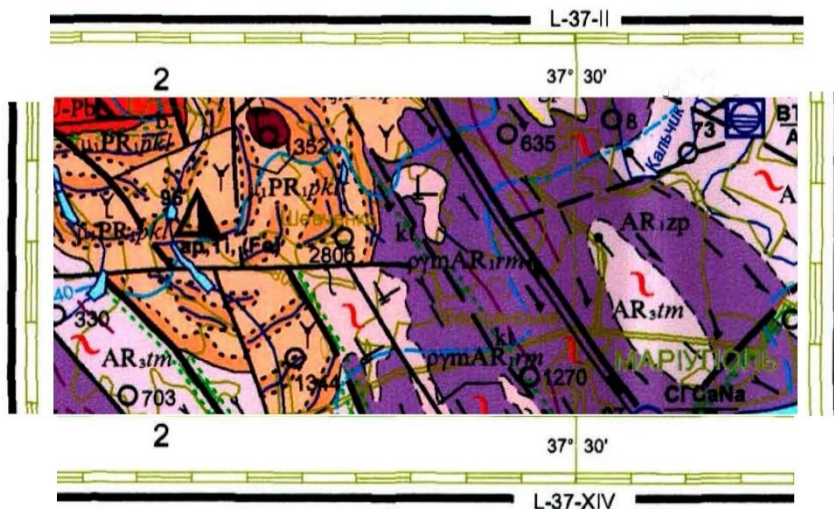
Нижній архей. До нижнього архею в межах Приазовського блоку віднесені потужні товщі глибокометаморфізованих вулканогенних і осадово-вулканогенних утворень. Суперкрустальні породи нижнього архею об'єднані в Центрально-Приазовську серію, у складі якої виділено темрюцьку і сачкінськ світи. Відкладення темрюцької світи найбільш поширені в північно-західній частині площі. У розрізі значним поширенням користуються графітові, біотитові, гранатові і високоглиноземисті гнейси, а також полевошпатові кварцити й малопотужні лінзовидні пачки кальцифірів й мрамурів. Ці товщі мають північно-східне простягання і круте падіння ($60-70^\circ$) на південний схід. Потужність світи становить 1700 - 2100 метрів.

На утвореннях темрюцької світи зі стратиграфічною перервою залягають відкладення сачкінської світи, що складені різними за складом гнейсами, кристалосланцями, залізистими кварцитами, кальцифірами і мрамурами.

Верхній архей. З гнейсами і мігматитами просторово тісно пов'язані комплекси різноманітних верхньоархейських гранітів, що утворилися у процесі ультраметаморфічних змін осадових і осадово-вулканогенних порід. Плагіограніти, діорити, гранодіорити, граніти серед гнейсово-мігматитових товщ складають тіла лінзоподібної і лінзовидно-пластободібної форми. Потужність окремих тіл коливається від десятків метрів до 2 - 3 км при протяжності від 100 - 150 метрів до 5 - 15 кілометрів. Одним з таких тіл і є Темрюцький масив плагіогранітів, що залягає згідно серед гнейсово-мігматитової товщі, що тягнеться в північно-східному напрямку на протязі більш 13 км, шириною 2 - 3 км. Сьогодення багато дослідників відносять ці породи до Токмацького комплексу нижнього архею [3].

Нижній протерозой. Серед утворень нижнього протерозою розвинуті мігматити, поширені в центральній частині Центрально-Приазовського синклінорію [3]. Мігматити в основному біотитового та амфібол-біотитового складу, загальне прстягання порід північно-східне. У межах великих мігматитових полів зустрічаються лінзи і лінзоподібні пачки гнейсів різного складу.

До нижнього протерозою відносяться також породи східно-приазовського комплексу, що складають ряд дрібних масивів гранітів каменноогильного комплексу.



УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

СТРУКТУРНО-ФОРМАЦІЙНІ КОМПЛЕКСИ (СФК) КРИСТАЛІЧНОГО ФУНДАМЕНТУ

ПЛАТФОРМЕННИЙ ЕТАП – Рт (380 до 245 млн. р)

Палеозойський структурний ярус



Плутонічний СФК (палеозойської континентальної активізації)

1 – субвулканічна андеїтова формація* (а), 2 – субвулканічна трахіт-пужограїтова формація* (т),

3 – формація нефалітових (міаскитових) і лужних сієнітів нерозчленована* (оф), 4 – лужногабровідна формація* (ев)

РАНЬОПЛАТФОРМЕННИЙ ЕТАП – Ррт (2050 до 1400 млн. р)

Палеопроterозойський структурний ярус



Плутонічний СФК (палеопроterозойської континентальної активізації)

1 – сублужна лейкогранітова формація* (л), 2 – граніт-граносієнітова формація (південноальпійська)* (γ-γ₂),

3 – габро-сієнітова формація* (γ-ξ), 4 – граніт-граносієнітова формація (хлібчарівська)* (γ-γ₂)

ДОПЛАТФОРМЕННИЙ ЕТАП – Dpt (3600 – 2050 млн. р)

Постзеленокам'яний палеопроterозойський структурний ярус

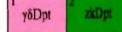


Гранітоїдно-метасилієвий СФК (2600 – 2050 млн. р)

Алєксит-лейкогранітова формація (aDpt)

Зеленокам'яний архейський структурний ярус

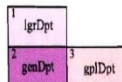
Тоналіт-зеленокам'яний СФК (3200 – 2600 млн. р)



1 – кварцдіорит-гранодіоритова формація* (γδ),

2 – коматіт-метатолітова та метадіорит-андесит-базальтова формації нерозчленовані (зк),

Дозеленокам'яний архейський структурний ярус



Чарокіт-гранулітовий СФК (3600 – 3200 млн. р)

Гнейсо-кварцгранітова асоціація: 1 – діафорована лейкогранітова формація (lgr),

Гнейсо-ендірбітова асоціація: 2 – гнейсо-ендірбітова формація (gen),

3 – гнейсо-плагіогранітова формація (gpl), 4 – діафорована гнейсова гнейсо-кристалосланцева формація (gs)

* Примітка: формації інтрузивного генезису; інші – ультраметаморфічного та метаморфічного генезису

Рис. 2. Карта геологічної будови району дослідження

*продовження рисунку на наступній сторінці

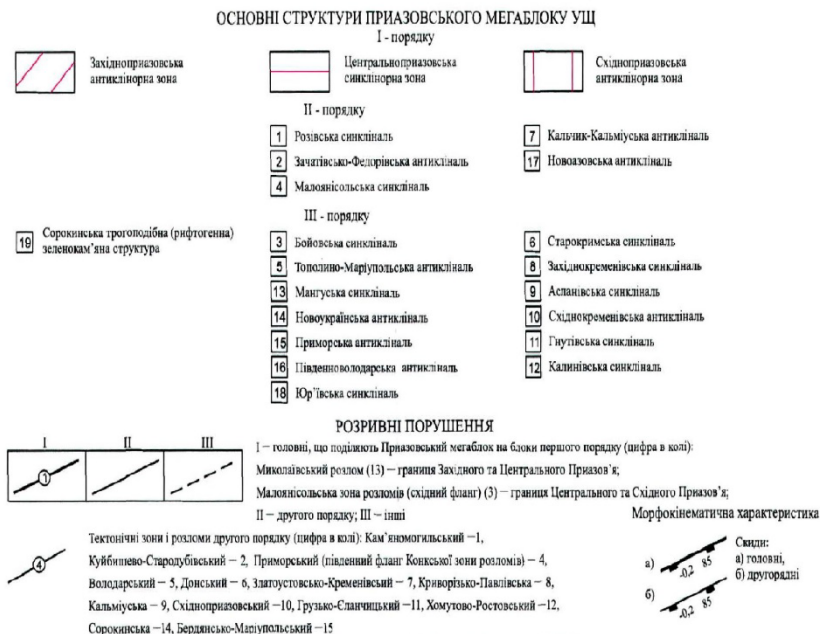


Рис. 2. Карта геологічної будови району дослідження

*продовження

Верхній протерозой. До верхнього протерозою відносяться дайкові утворення, що прориваються як суперкрудальні утворення архею, так і інтрузивні породи нижнього протерозою. Це діабазы, лампрофіри, мікрограніти, пегматити.

Кайнозойські відклади представлені пісками і глинами неогену, а також сучасними ґрунтами і різноманітними суглинками і супісками четвертичного віку, повсемісно перебивають докембрійські утворення. Потужність їх коливається від декількох метрів до декількох десятків метрів. Лише по бортах великих річок і балок докембрійські кристалічні породи оголюються на денній поверхні.

Тектоніка. Основна частина району зайнята плікативною структурою першого порядку - Центрально-Приазовським синклінієм. Він характеризується крутим (65° - 85°) падінням крил. Вісь синклінорію орієнтована в субмеридіональному напрямку і простягається від с. Катеринівка на півночі до с. Ялта на півдні. Західне крило структури, до якого

приурочений масив Темрюцьких плагіогранітів, ускладнене низкою синклінальних і антиклінальних складок другого і більш високих порядків. Осі цих складок простежуються в субширотному, північно-західному і рідше - субмеридіональному напрямках. У метаморфічних породах західного крила досить широко проявились дрібна складчастість і площатість.

Розривні порушення архейського і протерозойського віку мають переважно північно-західний субширотний і північно-східний напрямок. Основними з них є: Сорокинська, Куйбишевсько-Захаріївська, Конкська, Бердянськ-Маріупольська і інші зони розломів, Розовський, Білосарайський, Мелекінський та інші розриви.

Більшість давніх тектонічних порушень, особливо великі, випробували багаторазове омолодження в палеозої, мезозої і кайнозої, аж до неогену [3].

Історія геологічного розвитку. У догеосінклінальний етап розвитку на території Приазов'я широким поширенням мали товщі вулканогенно-осадових порід. В кінці архею починається геосінклінальний етап розвитку регіону, що включає три стадії: відокремлення, становлення і орогенез. Наприкінці нижнього протерозою геосінклінальні умови змінюються субплатформенними, прориваються при розломі інтрузії габро, піроксенітів, гранітів. В цей же час формуються масиви східно-приазовського граносієнітового комплексу, трохи пізніше - масиви каменногілляського комплексу [11]. У верхньому протерозої на площі сформувалася стійка платформа, в межах якої у герцинський та альпійський час відзначаються нові імпульси тектоно-магматизма [3].

Гідрогеологічні умови. За даними гідрогеологічної зйомки масштабу 1:200000 в районі дослідження виділяються два водоносних горизонти: в кристалічних породах і в четвертинних відкладах [3].

Водоносний горизонт тріщинуватої зони кристалічних порід архею-протерозою має повсюдне поширення. Водообільність в цілому невелика. Витрати по свердловинах коливаються в широких межах від 0,01 м³/год до 5,5 м³/год. Води за хімічним складом сульфатні і сульфатно-гідрокарбонатні натрієві. Мінералізація вод коливається від 1,5 до 3,5 г/л. Коефіцієнт фільтрації коливається в широких межах і залежить від ступеня тріщинуватості, умов живлення і розвантаження, в середньому становить 1 - 1,5 м/добу. Живлення водоносного горизонту відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів на великих схилах балок і ярів, де кристалічні породи виходять на поверхню, а також за рахунок перетікання вод з четвертинних відкладень, що розповсюджені на вододілах.



Водоносний горизонт у четвертинних відкладеннях приурочений до суглинків і супісків на вододілах і до піщано-глинистих алювіальних відкладів у долинах річок і днищах балок. Водоносний горизонт має низьку водообільність і строкату, часто незадовільну якість підземних вод. Мінералізація вод коливається від 2,5 до 5 г/л, зменшуючись в деяких випадках до 1,5 г/л в алювіальних відкладеннях заплав річок та днищ балок. Витрата по криницям у середньому становить 0,5 - 0,8 м³/годину. Коефіцієнт фільтрації водоносного горизонту коливається від 0,001 м/добу в суглинках на вододілах до 0,1 м/добу в алювіально-делювіальних відкладах в заплавах. Живлення водоносного горизонту відбувається за рахунок розвантаження вод з водоносного горизонту кристалічних порід по схилах ярів і днищ балок, а також за рахунок інфільтрації атмосферних опадів на вододілах.

Топографо-геодезичні роботи. При проведенні пошуково-оціночних робіт в межах Темрюцької перспективної площі були виконані наступні види топографо-геодезичних робіт: геодезичне обґрунтування; згущення геодезичного розташування; геофізичне забезпечення наземної магнітної зйомки по мережі 100х10 м; прив'язка пробурених свердловин до пунктів геодезичного розташування (планова та висотна). Згущення геодезичного розташування було виконано методом триангуляції 2 розряду [5]. Триангуляційні побудови спиралися на 4 вихідних пункти триангуляції III і IV класів. Кількість трикутників в системі - 8. Кути вимірювалися теодолітом. Величини похибок не допускалися більш наступних:

а) розбіжність між спостереженнями на початковий предмет на початку і в кінці полуприйома $\pm 15''$;

б) коливання напрямків в окремих прийомах, що приведені до спільного нуля $\pm 15''$. Кути в трикутниках були не менше 30°.

Для виконання магнітної зйомки М 1:1000 на місцевості була розбита геодезична мережа 10х10 м, що складається з магістральних ліній і профілів.

Кутові вимірювання проводилися теодолітом 2ТЗ0, вимір довжин ліній виконувався 20-ти метровими мірними стрічками. Прив'язка магістральних ліній до пунктів геодезичного розташування була виконана за програмою теодолітного ходу точності 1:1000. Для визначення координат і висот геолого-розвідувальних виробок проводилася прив'язка їх до пунктів геодезичного розташування. Роботи були виконані продовженням теодолітних ходів точності 1:2000 між пунктами геодезичної основи, безпосередньо по точкам геолого-розвідувальних виробок. Горизонтальні

кути в теодолітних ходах вимірювалися теодолітом 2Т5 одним прийомом, з перестановкою лімба між напівприйомом на кут близько 90° . Довжини ліній теодолітних ходів вимірювалися 20-ти метровою мірною стрічкою в прямому і зворотному напрямках. При кутах нахилу понад 2° в виміряні довжини вводилися поправки на нахил ліній до горизонту. Відмітки гирла геологорозвідувальних виробок визначалися методом технічного нівелювання. Перевищення визначалися нівеліром Н-3 в комплекті з двосторонніми нівелірними рейками РН-3000.

Всього на Темрюцький перспективній площі було прив'язано 12 свердловин (свердловини першої пускової ділянки інструментально не прив'язувалися, тому що по ним був отриманий негативний результат).

Всі види робіт виконувалися відповідно до вимог діючих інструкцій, рекомендацій, постанов.

Петрографічна характеристика порід. Фізико-механічні та декоративні властивості порід як облицювальних матеріалів в значній мірі визначаються їх петрографічним складом. При петрографічних дослідженнях встановлюється також межа зони вивітрювання. На пошуковій стадії авторами сумісно з геологами Приазовської геологорозвідувальної експедиції було вивчено понад 60 шліфів, відібраних з керна пробурених свердловин.

Зовні плагіограніти являють собою сірі до темно-сірих, іноді з рожевим відтінком середньо-, грубозернисті породи слабосмугастої текстури. Плагіограніти утворюють гіпідіоморфнозерністу структуру, косошарувату-лєпідогранобластову у поєднанні з гіпідіоморфнозерністою. Плагіограніти складені плагіоклазом (50-63%), мікрокліном (5-10%), біотитом (5-15%), кварцем (25-35%), роговою обманкою (1-5%), діопсідом (до 5%), іноді присутній мусковіт. Акцесорні мінерали представлені ільменітом, магнетитом (до 3%), сфеном, апатитом, цирконом, рідко ортітом. Вторинні зміни в плагіогранітах виражені в їх слабкому озалізненні, карбонатизації, хлорітизації. Наявність в плагіогранітах рясних мірмекітів свідчить про те, що вони піддалися мікроклінізації і мікроклін в них накладений [4].

Плагіоклаз-олігоклаз утворює таблитчасті зерна розміром до 1,5 - 2 мм, добре полісинтетично sdвойниковані, з рівними ідіоморфними гранями.

Мікроклін ріштічатий, ксеноморфний, розміром до 1,5 мм, на кордоні з плагіоклазом утворює мірмекіти.

Біотит коричневий, добре утворений, іноді утворює з кварцом сімплексні зрощення. Розмір луски до 2 мм. Іноді містить включення зерен циркону з плеохроїчними двориками.

Кварц ксеноморфний, розмір зерен 1,5 - 2 см, іноді до 4 см; має часто хвилясте згасання.

Рогова обманка зеленого кольору, утворює ідіоморфні зерна, в основному розвивається по діопсиду, заміщаючи останній. Розмір зерен 0,5 - 2 мм. Діопсид бліднозелений зберігся в окремих віконцях, з'їдається роговою обманкою. Розмір зерен до 1,2 мм.

В одній з свердловин (3) плагіограніт піддається сильній мікроклінізації, кількість мікрокліна досягає 20%, біотит частково хлорітізований, зміст магнетита і ільменіту досягає 5% [4].

При вивченні тріщинуватості плагіогранітів було проведено дешифрування аерофотознімків Темрюцької перспективної площі, яке показало, що найбільш поширеними системами тріщин є північно-східна і північно-західна. Ці системи тріщин підтверджені і в результаті інтерпретації наземної магнітної зйомки масштабу 1: 1000, і під час проведення геологічних маршрутів [2]. Геологами Приазовської ГРЕ було встановлено, що відмінною рисою плагіогранітів є чітко виражені системи тріщинуватості: дві взаємоперпендикулярні системи (під кутом 70-85° один до одного) північно-східного (20-45°) і північно-західного (300-330°) напрямків, і третя, полога, під кутом 5-12° до горизонту. Встановлено, що це, в основному, тріщини окреможей.

Геолого-економічна оцінка родовища. Темрюцьке родовище облицьованих плагіогранітів має сприятливі гірничо-геологічні умови для розробки на блоки. Темрюцьке родовище є частиною масиву ультраметагенних порід УКЩ (Українського кристалічного щита). З огляду на різну ступінь переробки цих порід, розвиток тектоніки, структурно-текстурну мінливість, а також невитримані (хоча і подібні) фізико-механічні властивості плагіогранітів, Темрюцьке родовище відноситься до другої групи родовищ за класифікацією ДКЗ (державна класифікація запасів родовищ). Запаси плагіогранітів Темрюцького родовища визначені методом геологічних блоків (спосіб трикутників) в контурі пошукових свердловин 1, 4, 7, 3, 2, 10 на топоплане і геологічній основі масштабу 1: 1000. Прогнозні ресурси оцінені в зоні інтерполяції свердловин 2, 3, 4 [2]. Верхньою межею підрахунку запасів є покрівля незмінених гранітів. Запаси оцінені до глибини 50 метрів від денної поверхні (табл.1).

Таблиця 1.

Основні показники корисної копалини по свердловинах

№ п/п	№ скв.	Глуб. скв.	Міцність МЗ		Міцність незмінених плагіогранітів, яка увійшла в підрахунок гранітів
			пуккі	скельні	
1	1	50,0	1,0	1,0	48,0
2	2	50,0	0,3	4,7	45,0
3	3	50,0	4,0	3,5	42,5
4	4	50,0	1,0	3,7	45,3
5	7	50,0	1,0	1,2	47,8
6	10	50,0	1,0	-	49,0

Опрацювання наукових робіт світової геологічної спільноти стосовно родовищ гранітів (плагіогранітів) [6, 7, 8, 9] призвело нас до висновку, що граніти Темрюцької площі Володарської ділянки мають більш високі геолого-економічні показники, дослідження яких і є подальшою метою для авторів.

ВИСНОВКИ З ТЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ.

За результатами геологічних досліджень та топографо-геодезичних робіт можна зробити **висновки**:

1. У геолого-структурному відношенні Темрюцька перспективна площа приурочена до західного крила Центрально-Приазовського синклінію Приазовського блоку Українського кристалічного щита; характеризується досить простою геологічною будовою: складні ультраметабелітні породи докембрію перекриті малопотужним чохлом четвертинних відкладень, які місцями змиті і породи докембрійського фундаменту мають природні виходи на денну поверхню.

2. За зовнішнім виглядом плагіограніти уявляють собою сірі до темно-сірих з рожевим відтінком породи зі слабо полосчатою текстурою за рахунок пошарового розподілу темно- та світлокольорових мінералів; структура середньо-, грубозерниста; мінеральний склад простий: плагіоклаз, мікроклін, кварц, біотит, амфібол. Плагіограніти Темрюцького родовища за всіма параметрами можуть бути використані для виробництва практично будь-яких облицювальних виробів. Залежно від обсягу одержуваної блокової продукції, вартість її при реалізації на європейському ринку складе від 1,7 до 4,3 мільйонів доларів США в рік (попередня економічна оцінка по запиту ведучого геолога Приазовської ГРЕ).

REFERENCES:

- [1] Geologicheskij otchet po tematicheskoj rabote: «Kriticheskij analiz geologo-geohimicheskikh dannyh s cel'ju ocenki perspektiv ploshhadej Priazov'ja, vypolnennoj v 1989-1991 gg.». (1991) Priazovskaja GRJe, Volnovaha (in Russian)
- [2] Zverev V.S., Markov L.D. (1980). Otchet o rezul'tatah poiskovyh rabot na mramor v Central'nom Priazov'e na uchastkah «Kalajtanovskij» i «Temrjukskij» v 1979 g. Volnovaha (in Russian)
- [3] Datsenko L.M., Molodychenko V.V., Nepsha O.V. ta in (2014) Pivnichno-Zakhidne Pryazovia: heolohiia, heomorfolohiia, heoloho-heomorfolohichni protsesy, heoekolohichni stan: monohrafiia. Datsenko L.M. (red.). Melitopol: MDPU im. B. Khmelnytskoho (in Ukrainian)
- [4] Razdorozhnyj V.F., Neljubin A.G. i dr. (1990) Geologicheskoe stroenie i poleznye iskopaemye Volodarskoj ploshhadi. Otchet o rezul'tatah glubinnogo geologicheskogo kartirovaniia Volodarskoj ploshhadi. Volnovaha (in Russian)
- [5] Razdorozhnyj V.F., Neljubin A.G. i dr. (1985) Otchet o rezul'tatah srednemasshtabnogo glubinnogo geologicheskogo kartirovaniia Vost. Priazov'ja na ploshhadi listov /37-15, -37-16, 37-17-A, B (a,b), -37-28-A-B, -37-29-A (Oktjabr'skaja GSP, 1981-85 gg). Volnovaha
- [6] Cheng, C., Li, X., Xu, N., Zheng, B. (2019) Direct shear experimental study on the mobilized dilation behavior of granite in ALXA candidate area for high-level radioactive waste disposal. *Energies*, 13 (1) DOI: 10.3390/en13010122
- [7] Ferraz, A.R., Fernandes, I., Soares, D., Silva, A.S., Quinta-Ferreira, M. (2017) Assessment of the Alteration of Granitic Rocks and its Influence on Alkalies Release. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 95 (2) DOI: 10.1088/1755-1315/95/2/022001
- [8] Khafizova, E.N., Ibatulina, K.A., Akhatyamov, V.F. (2018) Heavy Weight Concretes Based on Technological Non-Metallic Production Wastes. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 463 (3) DOI: 10.1088/1757-899X/463/3/032042
- [9] Yang, F., Santosh, M., Glorie, S., Xue, F., Zhang, S., Zhang, X. (2020) Apatite geochronology and chemistry of Luanchuan granitoids in the East Qinling Orogen, China: Implications for petrogenesis, metallogenesis and exploration. *Lithos*, 378-379. DOI: 10.1016/j.lithos.2020.105797

Даценко Людмила¹, Коломієць Сергій²

Liudmyla Datsenko

Serhii Kolomiets

ПІДЗЕМНІ ВОДИ НІКОЛЬСЬКОГО РАЙОНУ (ДОНБАС): ГЕОЛОГІЯ, СТРАТИГРАФІЯ, ПІДРОГЕОЛОГІЯ, ТОПОГРАФО- ГЕОДЕЗИЧНІ РОБОТИ

GROUNDWATERS OF NIKOLSKOHO REGION (DONBASS): GEOLOGY, STRATIGRAPHY,
HYDROGEOLOGY, TOPOGRAPHIC AND GEODESIC WORKS

АНОТАЦІЯ:

Посушливі райони півдня України (Донецької, Запорізької, Херсонської областей) відчують гостру нестачу в питних і технічних водах, споживання яких збільшується з року в рік. Чітке розуміння нестачі не тільки питної, а й води для риборозведення, культурно-побутових та рекреаційних потреб хвилює світову наукову спільноту. Розуміння гідрогеологічних, гідрогеохімічних процесів має важливе значення для захисту підземних вод, особливо у посушливих регіонах світу. Площа дослідження розташована у межах центральної частини Приазовської височини. В адміністративному відношенні вона відноситься до Никольського району (у минулому Володарський район) Донецької області. В геологічному картуванні та вивченні Східного, Північно-Західного Приазов'я можна виділити чотири дослідницьких періоди. До найважливіших досліджень кінця минулого століття відноситься середньомасштабне глибинне геологічне картування Північно-Західного та Східного Приазов'я, узагальнення всіх геологічних матеріалів попередніх дослідників, отримання даних зі стратиграфії, магматизму, тектоніки і металогенії, гідрогеології, що й дозволило суттєво уточнити геологічну будову регіону. Єдиним можливим джерелом централізованого водопостачання на більшій частині території може бути водоносний горизонт кристалічних порід протерозою. У південно-східній частині території може бути використаний горизонт сарматських пісків, пісковиків і вапняків; для водоносного горизонту кристалічних порід найбільш водообільними є зони тектонічних порушень з відкритою тріщинуватістю.

ABSTRACT:

Arid regions of the south of Ukraine (Donetsk, Zaporizhia, Kherson regions) are facing an acute shortage of drinking and technical water, which consumption increases from year to year. A clear understanding of the shortage not only drinking water but also water for fish breeding, cultural

¹ д-р. геол. наук, професор

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, УКРАЇНА

D.Sc. (Geological sciences), Professor

Dmytro Motornyi Tavrta State Agrotechnological University, UKRAINE

² канд. техн. наук, доцент

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, УКРАЇНА

Ph.D (Technical sciences), Associate Professor

Dmytro Motornyi Tavrta State Agrotechnological University, UKRAINE

and recreational needs is worrying the world scientific community. Understanding of hydrogeological, hydrogeochemical processes is important for groundwater protection, especially in arid regions of the world. The study area is located within the central part of the Priazovsk highland. Administratively, it belongs to Nikolsk Region (formerly Volodarsky Region) in Donetsk Region. There are four research periods in geological mapping and study of the Eastern and North-Western Priazovia region. The most important researches of the late last century include medium-size deep geological mapping of the North-Western and Eastern Priazovia, generalization of all geological materials of the previous researchers, obtaining data from stratigraphy, magmatism, tectonics and metallogeny, hydrogeology, which allowed to significantly clarify the geological structure of the region. The only possible centralized water supply source on the most part of the territory may be an aquifer of Proterozoic crystalline rocks. In the south-eastern part of the territory can be used Sarmatian sands, sandstones and limestone horizon, for the aquifer of crystalline rocks, the most water-rich is the tectonic disturbance zone with open fracturing.

ВСТУП.

Сьогодні проблема води на Землі набуває актуального значення. Без води неможливе життя на Землі і саме тому основна увага приділяється охороні підземних вод та використанню їх у господарстві. Не повністю вивчена кількісна характеристика підземних вод, тобто їх експлуатаційні запаси. Не менш важливо досліджувати і враховувати їх якісний склад. Швидко зростають масштаби використання підземних вод для господарсько - питного водопостачання, технологічних потреб, зрошення сільськогосподарських земель, і проблема якості вод у багатьох випадках стає визначальною.

Дійсно, з ростом народонаселення на Землі, розвитком промисловості та сільського господарства використання підземних вод неухильно збільшується. В результаті робіт, проведених відповідно до програми ООН з навколишнього середовища (ЮНЕП), на початку XX сторіччя сумарний водозабір у світі становив близько 400 км³/рік, а на кінець XX сторіччя він перевищував 3000 км³/рік, при цьому питоме водоспоживання (обсяг води на одну людину) за цей час в середньому для всіх країн світу зросла з 30 до 100 л / доб. Відмінною і головною особливістю запасів підземних вод в порівнянні з запасами інших корисних копалин є їх відновлюваність. Підземні води - єдина корисна копалина, в процесі експлуатації якої в багатьох випадках відбувається не тільки його витрачання, а й додаткове формування, викликане посиленням живлення підземних вод. Джерелами такого додаткового живлення можуть служити і поверхневі води, і підземні

води суміжних з експлуатованим водоносним горизонтом, і зменшення випаровування підземних вод при зниженні їх рівня. Формування запасів підземних вод може відбуватися також в результаті проведення різних водогосподарських заходів (гідротехнічного будівництва, зрошення). На сьогодні виникає проблема охорони підземних вод від забруднення. Погіршення складу вод відбувається під впливом природних і штучних чинників.

Посушливі райони півдня України (Донецької, Запорізької, Херсонської областей) відчувають гостру нестачу в питних і технічних водах, споживання яких збільшується з року в рік. У зв'язку з цим на території Володарського району (зараз Нікольський район) Донецької області на початку 80-х років проектується спеціалізовані гідрогеологічні роботи, спрямовані на пошуки нових джерел водопостачання.

Метою досліджень є узагальнення попередніх геолого-гідрогеологічних та геолого-геофізичних робіт у Володарському районі (Нікольський район) Донецької області та виділення основних водоносних горизонтів на площі дослідження для можливості використання води у господарстві регіону

ОСНОВНА ЧАСТИНА.

Матеріали, методи та види робіт. У 1981 р. за договором з Приазовською ГРЕ (геолого-розвідувальна експедиція, м. Волноваха Донецької області) Запорізької партією 247/81 проведені випереджаючі геофізичні роботи на аркушах L-37-15-Г, L-37-16-В, L-37-26-Б, L-37- 27-А, Б, В з метою виділення тріщинуватих зон у кристалічних породах докембрію, перспективних на пошуки підземних вод. Наземним геофізичним робітам передував оперативний аналіз гідрогеолого-геофізичних матеріалів минулих років: вертикального електричного зондування (ВЕЗ), магниторозвідки, гравірозвідки, буріння. Такий аналіз надав можливість виділити перспективні ділянки для проведення детальних стратиграфічних, гідрогеологічних досліджень. З 1995 року кандидат геологічних наук, доцент кафедри фізичної географії і геології Мелітопольського державного педагогічного інституту (зараз Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького) Людмила Даценко брала участь у роботі Приазовської ГРЕ у якості наукового співробітника, досліджувала стратиграфію та палеонтологічні залишки мезо-кайнозойських відкладів,

оголення докембрійських відкладів Східного, Північно-Західного Приазов'я, приймала участь у топографо-геодезичних роботах.

Співробітники кафедри геоєкології і землеустрою Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного (професор Л. Даценко, доцент С. Коломієць, асистенти М. Ганчук, І. Леженкін та інші) брали участь у роботі Приазовської ГРЕ у якості наукових співробітників протягом багатьох років до 2014 року – початку бойових дій на Донбасі. До 2014 року у Володарському районі (зараз Нікольський район) Донецької області було проведено комплекс геологічних робіт: пошукові маршрути, топографо-геодезичні роботи, буріння свердловин, геофізичні дослідження, пошукові та пошуково-оціночні роботи, стратиграфічні дослідження, робота з кернами та лабораторні випробування. Автори статті працювали з кернами, робили стратиграфічні висновки, приймали участь у лабораторних роботах на базі Приазовської геолого-розвідувальної експедиції.

Автори мали можливість працювати з фондовими матеріалами експедиції, геологічними звітами, за що щиро вдячні співробітникам Приазовської ГРЕ. В основу наших досліджень покладено фондові матеріали [6–10,13,15,16], які надали можливість узагальнити геофізичні, геологічні, гідрогеологічні дані по підземним водам Володарської ділянки у Східному Приазов'ї.

Топографо-геодезичні роботи. Завданням топографо-геодезичних робіт було перенесення в натуру і закріплення на місцевості пунктів геофізичних спостережень, їх планова і висотна прив'язка, складання топографічної основи для звітних геофізичних карт. Проектом робіт передбачалася середньоквадратична похибка визначення планового положення точок ВЕЗ ± 20 м, висотного ± 5 м. Виходячи з даних вимог, початок і кінець профілів ВЕЗ прив'язувалися до чітко опізнаних орієнтирів (перехрестя доріг, посадки та інші об'єкти) по топографічним картам масштабу 1:10000. У разі відсутності жорстких орієнтирів на початку або кінці профілю проводилися заміри до найближчих характерних точок. Розбивка точок за профілем кроком 100 метрів здійснювалася електро-розвідувальною бригадою по 100 метровій позначці по лінії АВ. При розбивці профілю вівся абрис в польовому журналі, в якому зазначалося перетин профілем посадок, доріг, балок та інших контурів на місцевості. Планова прив'язка параметричних, кругових ВЕЗ проводилася по топографічним картам масштабу 1:10000.

Напрямок розносів лінії АВ задавалося за допомогою бусолі БГ-1. Висоти точок ВЕЗ визначалися по топокартам масштабу 1:10000 з перетином рельєфу через 2,5 м. Точки ВЕЗ на місцевості закріплювалися прикопуванням й кілочком з номером ВЕЗ.

Контроль визначення планового положення точок геофізичних спостережень здійснювався повторним впізнаванням точок ВЕЗ на місцевості по топокарті з нанесеними на ній точками ВЕЗ. Проконтрольовано 100% прив'язки кінців профілів і 5% окремих точок ВЕЗ. Середня помилка планового положення склала ± 20 м, висотного $\pm 1,5$ м.

За результатами камеральних робіт побудована схема прив'язки профілів ВЕЗ, складено каталог координат кінців профілів і точок зміни напрямлення профілів, побудовані топографічні основи для звітних геофізичних карт за профілями ВЕЗ в масштабі 1: 1000.

Загальні відомості про район робіт. Площа дослідження розташована у межах центральної частини Приазовської височини. В адміністративному відношенні вона відноситься до Нікольського району (у минулому Володарський район) Донецької області (рис. 1). Площа обмежена географічними координатами $47^{\circ} 08' - 47^{\circ} 25'$ пн. ш. і $36^{\circ} 56' - 37^{\circ} 33'$ східної довготи. Абсолютні позначки поверхні коливаються в межах від 20-50 м у долинах рр. Кальміус, Кальчик, Каратиш, Берда до 230 м (заповідник «Кам'яні могили»). Відносне перевищення вододільних ділянок над руслами річок і балок змінюється від 10 до 60 м.

Праві береги річок і балок круті, місцями обривисті, скелясті. Долини річок заболочені, але, в основному, прохідні в літню пору. Майже на всіх річках створені каскади ставків і водосховищ. На всій площі, особливо в долинах річок і балок, розвинена мережа лісонасаджень [3].

Клімат району різко континентальний з жарким літом й помірно холодною зимою. Середньорічна температура $+ 9,5^{\circ}\text{C}$, середньорічна кількість опадів рівна 300-350 мм. Площа робіт відноситься до сухостепової підзони півдня України. Нікольський район є сільськогосподарським, основна площа земель зайнята посівами пшениці, кукурудзи, соняшнику.

Населені пункти розташовані на відстані 5-10 км і приурочені до долин річок і балок. Найбільші з них м. Нікольське, с. Федорівка, с. Бойове, с. Бельмак, с. Кременівка. Район робіт перетинає електрифікована залізниця Маріуполь - Донецьк; розвинена густа мережа асфальтованих і ґрунтових доріг.



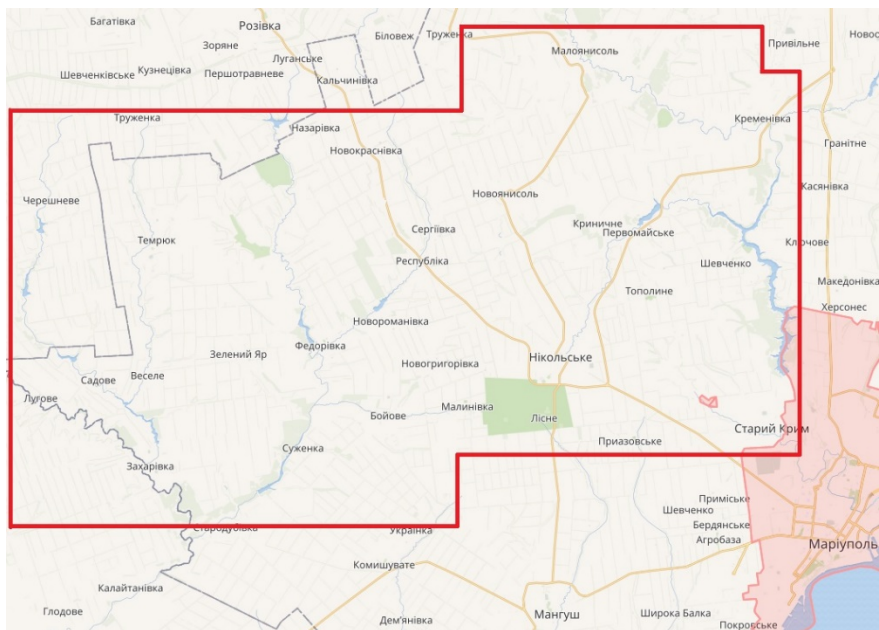


Рис. 1. Карта-схема району дослідження

Геолого-геофізична характеристика району робіт.

Ретроспективний аналіз вивчення геологічної будови Північно-Західного та Східного Приазов'я. Геолого-геофізична вивченість Володарської ділянки.

Історія геологічного картування Східного, Північно-Західного Приазов'я починається після Великої Вітчизняної війни наприкінці 40-х – початку 50-х рр. XX ст. В межах території досліджень протягом тривалого часу науково-дослідними геолого-розвідувальними організаціями, експедиціями та партіями виконано великий обсяг геологзйомочних, гідрогеологічних, розвідувальних, геофізичних, екологічних та геохімічних робіт із застосуванням різноманітних методів досліджень.

На теперішній час в межах Східного, Північно-Західного Приазов'я проведені геологічні зйомки масштабу 1: 200000 та 1: 50000. Глибинне геологічне картування проведене на більшій частині території досліджень – масштабу 1: 200000, на 5 аркушах – масштабу 1: 50000. Виконано узагальнюючі тематичні роботи зі стратиграфії, металогеї, петрології і геохімії, а також значний обсяг пошукових і пошуково-розвідувальних робіт.

Геологічна будова Приазов'я (стратиграфія, магматизм, тектоніка та металогеія, гідрогеологія) висвітлена у досить великій кількості опублікованої літератури: наукових статтях, монографіях, дисертаціях, рефератах та ін.

В геологічному картуванні та вивченні Східного, Північно-Західного Приазов'я можна виділити чотири дослідницьких періоди [12].

1-й період (1950-1967 рр.). Планомірні геофізичні роботи (електророзвідка, гравірозвідка, магніторозвідка) масштабу 1: 200000 на площі проводились з середини 50-х рр. У 1955-1960 рр. площинні геофізичні зйомки виконували В.М. Пелюшенко, К.М. Соколова, С.А. Піскунова, А.А. Клімеров, А.В. Гришин. Силами геологів трестів «Артемгеологія», «Дніпрогеологія» та НДІ КДУ ім. Тараса Шевченка (м. Київ) Г.Г. Коньковим, Р.М. Полуновським (1961 р.), Г.Г. Коньковим, Р.М. Полуновським (1965 р.), М.І. Лебедевим (1966 р.), В.А. Цукановим (1967 р.) та іншими виконана зйомка 11-ти планшетів масштабу 1: 50000. У 1961 р. Г.Л. Кравченком (трест «Артемгеологія») завершені геологічні дослідження (ГЗ-200) на площі аркуша L-37-VIII (аркуші м-бу 1: 50000 L-37-27, А, Б, В, Г та L-37-38, А, Б) [9, 15]. За короткий термін було проведено польові роботи на величезній площі й складено комплекти карт масштабу 1: 200000 по території 1, 5 аркушів, що було недостатнім для обробки фактичного геологічного матеріалу. У 1966 р. за матеріалами звіту державної геолого-гідрогеологічної зйомки була вперше видана геологічна карта масштабу 1:200000, аркуш L-37-VIII (м. Маріуполь). На геологічній карті було закартовано кордони поширення порід Південнокальчицького (тепер Володарського і Кременівського) та Кам'яномогильного масивів. Зроблено спробу використати товщі амфіболових і піроксен-амфіболових кристалічних сланців як маркуючих горизонтів докембрію. На тектонічній схемі показано: головна складчаста структура – Мангуський (тепер Центральноприазовський) синклінорій, Кальміуська тектонічна зона, Бердянський розлом. Недоліком роботи є відсутність на карті прогнозу залізородних родовищ Маріупольського рудного поля; недостатньо висвітлено перспективи району на рідкісні й розсіяні метали.

Одночасно із завершенням робіт по картуванню території Приазов'я в масштабі 1: 200000 почалися геологозйомочні роботи масштабу 1: 50000. Виконані вони в основному у 1958-1970 рр. Артемівською ГРЕ тресту



«Артемгеологія». Гідрогеологічною групою Приазовської ГРЕ у 1970 році Кисельовим Н.П., Харченко В.Т., Артеменко А.Є. побудовано гідрогеологічні карти Володарського району масштабу 1:50 000.

З геофізичних робіт у межах описуваного району слід зазначити роботи В. М. Пелюшенко та ін. Виконували комплексну геофізичну (гравірозвідка, магніторозвідка, вертикальне електричне зондування (ВЕЗ)) зйомку в 1956-57 роках. На підставі цих робіт зроблено висновок, що магніторозвідка повинна бути провідним методом при картуванні кристалічних порід для виявлення тектонічних порушень в умовах Приазов'я.

У період з 1958 по 1968 р. на території Володарського району силами Артемівської геофізичної експедиції проводилась гравімагнітна зйомка масштабів 1: 50 000, 1: 25000 й крупніше для цілей геокартування і пошуків твердих корисних копалин. З тією ж метою проводилися електророзвідувальні роботи методами ВЕЗ, в основному по мережі 1000 × 1000 м, електропрофілювання різних модифікацій.

Лише на площі аркушу L-37-29-A, де кристалічний фундамент залягає на значній глибині (300-500 м), картування проведене наприкінці сімдесятих років минулого століття. У межах Приазовського блоку УКЩ дослідження методом глибинного сейсмічного зондування проводилося з 1960 по 1978 рр. Вивчення будови земної кори та верхньої мантії здійснювалось з метою геотектонічного районування земної кори, виявлення зон глибинних розломів, визначення особливостей будови верхньої мантії та для визначення раціональних напрямів здійснення пошукових і геологорозвідувальних робіт. У 1967-68 роках Артемівською геофізичною експедицією виконувалися електророзвідувальні роботи методами ВЕЗ, крок 50-100 метрів, дипольного і комбінованого електропрофілювання по мережі 500х50 метрів - з метою виділення обводнених тріщинуватих зон в кристалічних породах. У звітах складені карти ізогипс опорного геоелектричного горизонту і ізопотужностей осадової товщі, карта S (масштабу 1: 25000), спільно складений план розташування зон підвищеної провідності і тектонічна схема масштабу 1:25 000. Установлено відсутність депресій в кристалічному фундаменті в області вододілів, уточнена межа поширення пісковиково-глинистих відкладень неогену, виділено області найбільш тріщинуватих кристалічних порід. Недоліком зазначених робіт є відсутність інтерпретації виділених численних тріщинуватих зон щодо водоносності.

2 період (1968-1975 рр.). Виконується великий обсяг геолого-пошукових робіт на рідкісні елементи в межах різних тектонічних зон, ведуться пошуки заліза (Л.І. Канигін, 1972-1973 рр., І.А. Андрущенко, 1974 р.; В.П. Кривонос, 1975 р.), польовошпат-кварцової сировини (Л.П. Гоголь, 1964 р.), графіту та ін., продовжуються пошуки алмазів [10]. Починаючи з 1968 р., коли було складено прогнозну металогенічну карту на рідкісні та розсіяні елементи, велись пошукові та пошуково-оціночні роботи на цей вид корисних копалин; проводились пошуки Ti, Li, Rb, Cs, TR у крихких утвореннях і пегматитах Східного Приазов'я. Одночасно на площі п'яти південних планшетів, де докембрій перекритий мезозой-кайнозойськими утвореннями, завершується геологічна зйомка масштабу 1: 50000 (Р.М. Довгань, 1972, 1975 рр.) [6]. За результатами цих робіт вперше укладена карта мезозой-кайнозою, детально відкартовано четвертинні відклади, охарактеризовано тектоніку та гідрогеологію описуваної території.

3-й період (1976-1985 рр.). Складаються металогенічні карти, уточнюються стратиграфічні схеми геологічної будови Північно-Західного, Східного Приазов'я. Нового, вищого рівня набули геологозйомочні роботи. На площі найперспективніших зон проводиться глибинне геологічне картування масштабу 1: 50000. Відповідальні виконавці М.Ф. Русаков, Л.І. Лапчук, О.М. Синиця за результатами проведених робіт вперше детально охарактеризували розчленовані супракрустальні утворення, магматичні комплекси, тектоніку, родовища корисних копалин, рекомендовали нові пошукові ділянки [13].

Особливий інтерес представляють комплексні геофізичні роботи, що проведені в 1977 році Слав'янською геологічною партією на Тельманівській ділянці, яка межує на сході з Володарським районом (зараз Нікольський). Після обробки матеріалів електророзвідки (ВЕЗ), сейсморозвідки (МОВ) і біофізичного методу (БФМ) з використанням геолого-геофізичних матеріалів минулих років авторами підготовлена основа для пошукового буріння і дана прогнозна кількісна оцінка водоносності ділянки [8]. Аналіз проведених робіт показує відсутність достатньо надійних кількісних критеріїв у визначенні водоносності порід методами електророзвідки.

До найважливіших досліджень кінця минулого століття відноситься середньомасштабне глибинне геологічне картування Північно-Західного та Східного Приазов'я, узагальнення всіх геологічних матеріалів попередніх



дослідників, отримання даних зі стратиграфії, магматизму, тектоніки і металогенії, гідрогеології, що дозволило суттєво уточнити геологічну будову регіону. Вперше були виявлено стратиграфічні підрозділи, віднесені за віком до нижнього архею, нові інтрузивні масиви і тектонічні структури. Особливо результативним ГГК-200 (глибинне геологічне картування) стало по виявленню корисних копалин. Були відкриті Азовська ділянка рідкісних земельно-рідкіснометалевих руд, Володарська ділянка комплексних апатит-ільменіт-магнетитових руд і численні рудопрояви та точки мінералізації.

У стратиграфію Приазов'я було внесено значні зміни: у центральноприазовській серії була ліквідована каратишська світа. На площі її поширення автори виділили західно-приазовську серію порід, які утворюють антиклінальну структуру нижньоархейського віку.

На основі узагальнення матеріалів глибинного сейсмічного зондування (ГСЗ) був виділений кордон Мохоровичича (Мохо, М) та кордон (поверхню) Конрада (К), складена схема розділу Мохоровичича (В.Б. Сологуб, 1967 р.; М.А. Бородулін, 1985 р.), структурна схема верхньої мантії (В.Б. Сологуб, 1985 р.) в масштабах 1: 1000000, 1: 2500000 [12].

З 1980 р. в дослідженні глибинної електропровідності Приазовського мегаблоку активну участь **бере** «Дніпрогеофізика». За наступні 15 років **на** південному сході **території було виконано** велику кількість спостережень магніто-телуричного зондування (МТЗ), які дали уявлення про **характеристики** геоелектричного розрізу та ступінь їх зміни за площиною. Переробка матеріалів МТЗ минулих років разом з інтерпретацією даних сейсмічних досліджень, з урахуванням надійності інформації карт **гравімагнітних** полів **дала** можливість отримати **модель** глибинної будови південно-західної частини Приазовського мегаблоку [5].

4-й період (1986-2000 рр. – початок XXI ст.). Упродовж четвертого періоду проводилось глибинне геологічне картування (ГГК-200) (В.Ф. Кіктенко, 1987 р.), завершена детальна розвідка Новополтавського родовища апатиту, пошуки ставроліту, апатиту, золота, алмазів еклогітового та лампроїтового типів та виконано багато тематичних прогнозно-ревізійних робіт [12].

На початку 90-х рр. були виконані площинні гравіметричні та магнітометричні зйомки. За результатами цих робіт виявлені невеликі масиви ультраосновних порід, напівлужних гранітів, перспективних на



пошуки рідкісних металів, уточнені поля поширення стратифікованих і нестратифікованих утворень, відкрито нові розломи високих порядків. Електророзвідкою вирішувалися завдання картування поверхні кристалічного фундаменту, пошуків твердих рудних і нерудних корисних копалин, гідрогеологічні завдання. Площа території за останні 30 років покрита зйомкою методами ВЕЗ (вертикального електричного зондування), ВЕЗ-ВП (викликаної поляризації), електропрофілюванням.

Повнішими та досконалішими виявилися результати геохімічних спостережень за період 1975-1991 рр. Водночас було проведено підготовчі роботи і глибинне геологічне картування масштабу 1: 50000, а також тематичні геохімічні роботи під керівництвом О.М. Дудика та С.М. Стрекозова (1991 р.). За результатами цих робіт було прогнозовано перспективні площі на пошуки різних видів корисних копалин, зокрема і на золото (О.Ф. Маківчук, 1997 р.) [12]. Тематична робота «Критичний аналіз геолого-геохімічних даних з метою оцінки перспектив площ Приазов'я», яка була виконана у 1989-1991 рр. [5], дала можливість узагальнити геологічні, геохімічні, металогенічні, гідрогеологічні дані по території Східного та Західного Приазов'я, розробити загальні пошукові критерії для різних груп корисних копалин, які мають чітку геохімічну спеціалізацію.

Завершуючи аналіз геологічних досліджень Східного, Північно-Західного Приазов'я відзначимо, що на даній території багатьма дослідниками одержано цікаві та обґрунтовані дані в галузі тектоніки, геології, стратиграфії, гідрогеології, магматизму, металогенії, що дозволило внести істотні зміни в знання про геологічну будову регіону.

Тектоніка. У геоструктурному плані район розташований в межах Приазовського кристалічного масиву, що є східним закінченням Українського кристалічного щита.

Відкладення, що розвинуті в межах досліджуваної території, беруть участь в будові двох поверхів.

Нижній структурний поверх утворюють складно дислоковані кристалічні породи архей-протерозою.

Верхній структурний поверх представлений майже горизонтально залягаючими відкладами крейди, палеогену, неогену, антропогену.

Розривна тектоніка представлена порушеннями двох переважаючих напрямків: північно-західного і північно-східного. Всі розломи мають майже вертикальне падіння.

Тектонічні порушення північно-західного простягання розвиненні найбільш широко (Мало-Янісольська тектонічна зона). Вони характеризуються значною шириною зони зминання порід (50-200 метрів). У центральних частинах цих зон кристалічні породи сильно зм'яті до стану дресви і тектонічної глинки. У зонах переважають тріщини, паралельні простирання порушення. Поблизу периферійних частин тектонічних зон розвинені тріщини, частина з яких можуть бути відкритими, незаповненими жильними утвореннями.

Стратиграфія. Територія дослідження складена архейськими і протерозойськими метаморфічними та інтрузивними породами фундаменту Приазовського мегаблоку Українського кристалічного щита.

Архей, протерозой. У архейській метаморфічній товщі виділяються утворення гнейсової серії і мігматитогранітоїдного комплексу [5].

Гнейсова товща об'єднує різні за складом типи гнейсів, залізисті і полевошпатові кварцити, породи типу скарноідів.

Мігматито-гранітоїдний комплекс об'єднує різні за петрографічним складом та структурно-текстурним особливостям типи мігматитів, анатектичні плагіограніти, гранодіорити і гранітоїди.

До протерозойських інтрузивних утворень східної частини Нікольського району відносяться нижньопротерозойські анатолійські граніти, верхньопротерозойський граносієнітовий комплекс і деякі дайки діабазів і лампрофірів.

У західній частині району до протерозойських утворень відносяться змінені граніти.

У середині кожного комплексу розміщується велика кількість даєк, витягнутих, як правило, в північно-західному напрямку.

Кайнозой. Відклади кайнозойської групи в межах досліджуваного району представлені породами неогену і четвертичними утвореннями. Неогенові відклади представлені сарматським і понтичним ярусами.

Сармат складний пісками, глинами і мергелями сумарною потужністю до 30 метрів.

Понтичні відклади представлені вапняками черепашкового складу, глинами і пісками загальною потужністю до 30 метрів.

У складі четвертичних відкладень переважають суглинки і глини елювіально-делювіального походження, піщавикиво-гравійні суглинисті

відклади алювіального походження; розвинені повсюдно. Потужність глинистих відкладів коливається від 0 до 5 метрів в долинах річок і балок, 15-20 м на схилах і 50-60 м на вододілах [2,4].

Кора вивітрювання кристалічних порід представлена дресвой з первинним каоліном. Потужність її досягає 20-40 м, нерідко повністю відсутня.

Гідрогеологічні умови. В межах Нікольського району за даними гідрогеологічних досліджень [7] виділено п'ять водоносних горизонтів, приурочених до (рис. 2):

- 1) алювіальних четвертичних відкладів;
- 2) делювіальних четвертичних відкладів;
- 3) понтичних пісків неогену;
- 4) сарматських відкладів неогену;
- 5) тріщинуватих зон кристалічних порід.

Води першого (al Q₄) і другого (d Q - Q₃) водоносних горизонтів, що поширені відповідно в заплавах річок і на вододільних просторах (в супісках, суглинках, глинах), не мають практичного значення для дрібних споживачів через низький дебіт колодязів та низьку якість води [7].

Водовмісні породи третього водоносного горизонту (N₂pn) представлені глинистими пісками, що перешаровуються з вапняками і глинами. Потужність горизонту у середньому 12 метрів. Дебіти свердловин 0,09-1,8 л/сек у глинистих пісках, 4,8-6,6 л/сек у вапняках і крупнозернистих пісках. Мінералізація становить 1,0-2,8 г/літр, рідше 4,5 г/літр. Води можуть бути використано для господарсько-питних цілей. Живлення горизонту здійснюється за рахунок атмосферних опадів і нижніх горизонтів. Водами цього горизонту здійснюється водопостачання смт. Нікольське та інших об'єктів.

Четвертий водоносний горизонт (N₁ s) приурочений до вапняків, пісковиків та пісків. Водоносний горизонт залягає безпосередньо на кристалічних породах архею та протерозою. Сумарна потужність водомістких вапняків від 6 до 16 метрів. Дебіт свердловин до 7,6 л/сек. Вміст сухого залишку 1,7-3,6 г/літр. Води придатні для пиття і для поливу за умови штучного дренажу. Водоносний горизонт використовується для водопостачання дрібних споживачів.

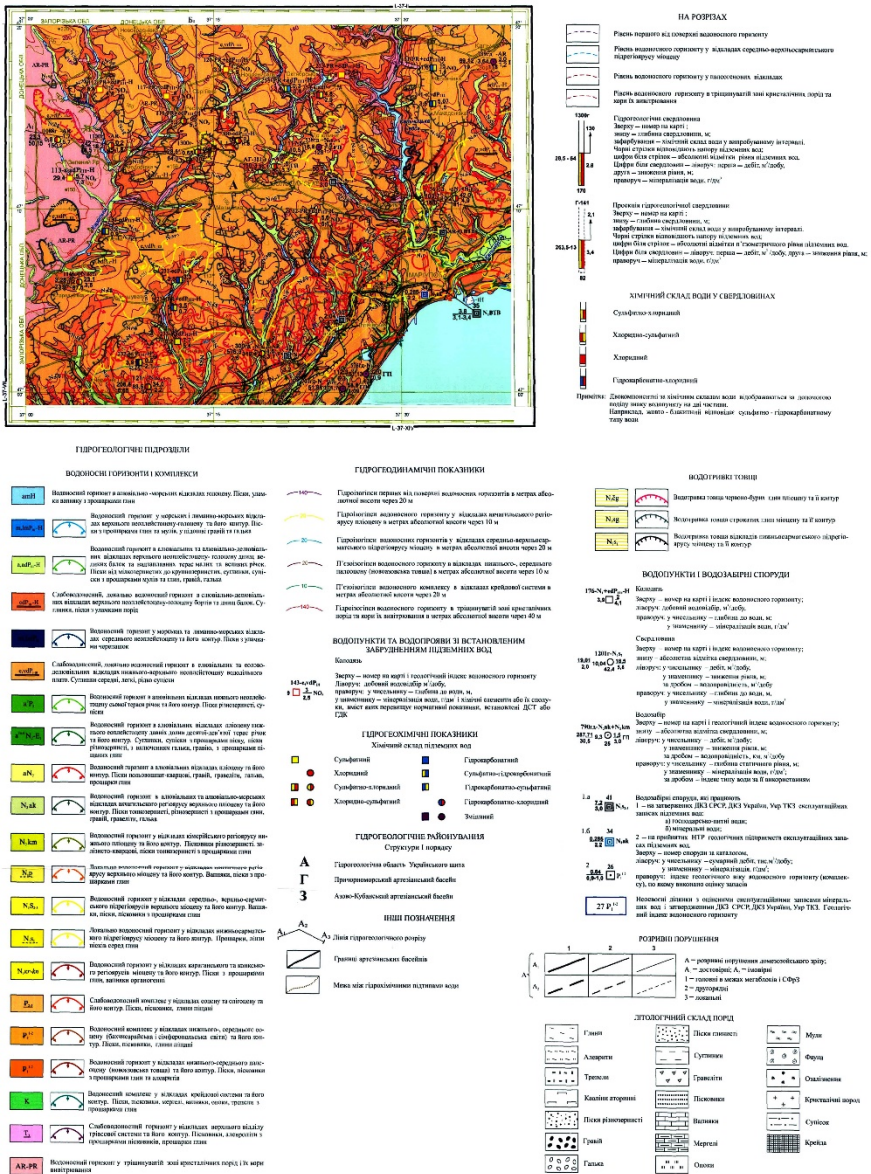


Рис. 2. Гідрогеологічна карта району дослідження

П'ятий водоносний горизонт (AR - Pt) розвинений повсюдно в тріщинуватих зонах і продуктах вивітрювання кристалічних порід архею та протерозою. Глибина розвитку тріщинуватості вивітрювання від поверхні докембрійських порід змінюється від 10-20 до 50-60 метрів.

Нижня межа водоносного горизонту збігається з кордоном розвитку відкритих тріщин вивітрювання і в середньому для району становить 40 м, збільшуючись поблизу тектонічних порушень до 100 м і більше.

Кора вивітрювання кристалічних порід переважно розвинена в межах піднесених ділянок та відсутня по долинах річок і великих балок. Винятком є понижені ділянки рельєфу з перевідкладеною корою вивітрювання. У зонах тектонічних порушень потужність вивітрюваних порід значно збільшується.

Глибина залягання покрівлі водоносного горизонту змінюється від частки метра в долинах річок і балок до 30 м на вододілах. Рівень поверхні підземних вод горизонту закономірно знижується з півночі на південь і від вододілу до долин річок і балок.

Водообільність кристалічних порід нерівномірна як по площі, так і по вертикалі. Найбільш значна водообільність встановлена поблизу місць перетину тектонічних порушень різних напрямків. Дебіти таких свердловин складають від 2 до 7 л/сек., далеко від порушень - 0,02-1,4 л/сек. Мінералізація підземних вод змінюється від 0,02 до 8,4 г/літр; загальний фон мінералізації 2-3 г/л. За величиною загальної жорсткості тріщинуваті води характеризуються як жорсткі і дуже жорсткі. Для зрошення можуть бути використані за умови застосування штучного дренажу.

П'ятий водоносний горизонт є основним джерелом водопостачання району.

ВИСНОВКИ З ТЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ.

Аналіз геолого-гідрогеологічних умов дозволяє зробити наступні

ВИСНОВКИ:

1) на території Східного та Північно-Західного Приазов'я багатьма дослідниками одержані цікаві та обґрунтовані дані в галузі тектоніки, геології, стратиграфії, гідрогеології, магматизму, металогенії, що дозволило внести істотні зміни в знання про геологічну будову регіону;

2) єдиним можливим джерелом централізованого водопостачання на більшій частині території може бути водоносний горизонт кристалічних порід протерозою. У південно-східній частині території може бути використаний горизонт сарматських пісків, пісковиків і вапняків;



3) для водоносного горизонту кристалічних порід найбільш водо-рясними є зони тектонічних порушень з відкритою тріщинуватістю;

4) максимальна обводненість спостерігається на ділянках перетину субширотних і субмеридіональних тектонічних порушень, що співпадають з сучасними ерозійними зрізами;

5) потужність водоносного горизонту визначається глибиною розвитку відкритої тріщинуватості, що переважає в інтервалі 30-60 м від покрівлі кристалічних порід; широта зон тріщинуватості досягає 50-200 м.

Чітке розуміння нестачі не тільки питної, а й води для риборозведення, культурно-побутових та рекреаційних потреб хвилює світову наукову спільноту. Розуміння гідрогеологічних, гідрогеохімічних процесів має важливе значення для захисту підземних вод, особливо у посушливих регіонах світу [1, 11, 14, 17].

REFERENCES:

- [1] Cao X., Lu Y., Wang C., Zhang, M., Yuan J., Zhang A., Song S., Baninla Y., Khan, K., Wang Y. (2019) Hydrogeochemistry and quality of surface water and groundwater in the drinking water source area of an urbanizing region. Volume 186, 30 December 2019. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2019.109628
- [2] Datsenko L.M. (2005) Antropohenovi viviparydy Pryazovia. *Paleontolohichnyi zbirnyk*. № 37. S. 37-46. (in Ukrainian)
- [3] Datsenko L.M., Nepsha O.V., Kniazkova I.L., Sapun T.O. (2011) Rezultaty doslidzhennia heoloho-heomorfolohichnykh protsesiv u Skhidnomu Pryazovi za 2008-2010 rr. *Teoretychni, rehionalni, prykladni napriamy rozvytku antropohennoi heohrafiї ta heolohii: materialy Tretoi mizhnarodnoi naukovoї konferentsii*. – Kryvyi Rih: Vydavnychiy dim. S. 138-141. (in Ukrainian)
- [4] Datsenko L.N. (2010) Viviparydy (Molluska, Viviparodea) iz antropogenovykh otlozhenij Priazov'ja. *Heolohichni problemy basseinu Azovskoho moria ta shliakhy yikh vyrishennia*. Melitopol. S. 9-13. (in Russian)
- [5] Derzhavna heolohichna karta Ukrainy masshtabu 1: 200 000, Tsentralnoukrainska seriia, arkush L-37-VII (Berdiansk). Poiasniuvalna zapyska. (2004). K.: Derzhavna heolohichna sluzhba, KP «Pivdenukrheolohiia», Pryazovska KHP (in Ukrainian)
- [6] Dovgan' R.N., Fokin K.I., Sujarko M.P. i dr. (1975) *Otchet «Kompleksnaja geologo-gidrogeologicheskaja i inzhenerno-geologicheskaja siemka masshtaba 1: 50 000 v Primorskomo geologicheskomo rajone (Zapadnyj uchastok)» L-37-37-V, G; -38-V; -49-A. Kn. 1. Tekst*. Fondy Artemovskoj KGRJe. Artemovsk Doneckoj obl. (in Russian)
- [7] Kiselev N.P., Harchenko V.G., Artemenko A.E. (1992) *Otchet o poiskah istochnikov vodosnabzhenija v zasushlyvyh rajonah Doneckoj oblasti dlja organizacii centralizovannogo vodosnabzhenija (Volodarskij rajon)*. Fondy Priazovskoj GRJe (in Russian)
- [8] Klimov V.N. (1983) *Otchet ob jelektrozavedochnyh rabotah po poiskam podzemnyh vod v Volodarskom rajone Doneckoj oblasti za 1981 – 1982 gg. (v 4-h tomah)*. Fondy Dnepropetrovskoj geofizicheskoi kompleksnoj jekspedicii obiedinenija «Ukrgeofizika». – Dnepropetrovsk (in Russian)
- [9] Kravchenko G.L., Dovgan' R.N., Izmajlov S.G. i dr. (1962) *Materialy k Gosudarstvennoj geologicheskoi karte SSSR masshtaba 1: 200 000. Kompleksnaja geologicheskaja karta listov L-37-VII (Berdiansk), L-37-VIII (Mariupol')*. *Otchet geologicheskoi partii № 5 Priazovskoj jekspedicii po rabotam 1957-1960 gg. Kn. 1 Tekst*. Fondy Artemovskoj GRJe. Artemovsk Doneckoj obl. (in Russian)

- [10] Krivonos V.P., Titova E.G., Krivonos V.I. i dr. (1975) *Otchet o rezul'tatah poiskovyh rabot na zhelezo v predelah Korsakskogo i Novoukrainskogo rudnyh polej 1975 g. Kn. 1. Tekst.* Fondy Priazovskoj GRJe. Volnovaha Doneckoj obl. (in Russian)
- [11] Liu S., Tang Z., Gao M., Hou G. (2017) Evolutionary process of saline-water intrusion in Holocene and Late Pleistocene groundwater in southern Laizhou Bay. *Science of the Total Environment* Volume 607-608, 31 December 2017, Pages 586-599. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.06.262
- [12] Pivnichno-Zakhidne Pryazovia: heohrafiia, heomorfolohiia, heoloho-heomorfolohichni protsesy, heeekolohichni stan: monohrafiia (2014) Melitopol: Vydavnytstvo MDPU im. B. Khmelnytskoho (in Ukrainian)
- [13] Rusakov N.F., Lapchuk L.I., Sinica A.N. i dr. (1981) *Otchet o rezul'tatah glubinnogo geologicheskogo kartirovanija masshtaba 1: 50 000 Chernigovskoj tektonicheskoy zony (Korsakskaja ploshhad'). Planshety L-37-25-B, G-a, v. T.1, 2. Tekst.* Fondy Artemovskoj KGRJe. Artemovsk Doneckoj obl. (in Russian)
- [14] Saha N., Rahman M.S. (2020) Groundwater hydrogeochemistry and probabilistic health risk assessment through exposure to arsenic-contaminated groundwater of Meghna floodplain, central-east Bangladesh. *Volume 206, 15 December 2020* DOI: 10.1016/j.ecoenv.2020.111349
- [15] Shaposhnikov S.V., Krivonos V.P., Pastushenko A.A. i dr. (1990) *Geologicheskij otchet po teme: «Obobshchenie rezul'tatov geologorazvedochnykh rabot proshlykh let s cel'ju lokal'nogo prognozirovanija glinozemistogo syr'ja v Priazov'e za 1989-1990 gg.».* Kn. 1. Tekst. Fondy Priazovskoj GRJe. Volnovaha Doneckoj obl. (in Russian)
- [16] Strekozov S.N., Dudik A.I., Krivonos V.I. i dr. (1991) *Geologicheskij otchet po tematiceskoy rabote: «Kriticheskij analiz geologo-geohimicheskikh dannyh s cel'ju ocenki perspektiv ploshhadej Priazov'ja, vypolnennoj v 1989-1991 gg.»* Kn. 1. Tekst. Fondy Priazovskoj GRJe. Volnovaha Doneckoj obl. (in Russian)
- [17] Triadi Putranto T., Hanenda Qadarisman A., Santi N., Najib N. (2018) Groundwater Quality Analysis in Nusakambangan Groundwater Basin/Indonesia Volume 73, 21 December 2018. DOI: 10.1051/e3sconf/20187304024



Bohdan Koman¹, Volodymyr Yuzevych²

REGULARITIES OF MACROPLASTIC DEFORMATION OF NARROW-BAND SINGLE CRYSTALS OF $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ SOLID SOLUTIONS

ABSTRACT:

The regularities of macroplastic deformation of narrow-band semiconductors of HgTe-CdTe solid solution crystals were studied by the uniaxial compression method on a Regel-Dubov relaxometer. The four-stage character of the strain hardening curve "stress-strain" is established. The influence of stoichiometry, load velocity and temperature on the nature of load curves is investigated. From the experiments on the relaxation of mechanical stresses, a thermoactivation analysis of the kinetics of microplastic deformation was performed. Thermoactivation parameters of dislocation motion are estimated. The criteria for performing the Pierrel's mechanism of dislocation motion in these crystals are investigated. The influence of light on the macroplastic fluidity of $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ crystals is described.

INTRODUCTION.

For today in the literature provides extensive information on macroplastic deformation, as well as the behavior of individual dislocations of semiconductor single crystals [1,2]. Such objects with diamond lattices (Si, Ge) and sphalerite (compounds A^2B^6 and A^3B^5) are characterized by high Pierrell's barriers for the movement of dislocations due to the direction of covalent bonds in these materials. The investigated single crystals of solid solutions of HgTe-CdTe on a number of physical and mechanical parameters occupy an intermediate position between classical semiconductors and metals. In particular, these materials are characterized by high fragility at room temperature, which brings them closer to purely covalent semiconductors. However, on the other hand - high densities of dislocations of the "forest" (10^5 - 10^6 cm^{-2}), a high concentration of point defects, mainly vacancies of mercury,

¹ Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Professor at the Department of System Design
Ivan Franko National University of Lviv, UKRAINE

² Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor
Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, UKRAINE

reaching within the homogeneity of 10^{19} - 10^{20} cm⁻³ [3], mixed ionic covalent nature of the chemical bond with the predominance of the ionic component (~ 60%) - factors that contribute to some extent to the approximation of such materials to metals. For comparison, we note that the concentration of vacancies in Ge, even close to the melting point, is only 10^{15} cm⁻³ [4].

Despite the "exotic" nature of the objects, and their important practical application, the data on the patterns of motion of dislocations and the mechanisms of plastic fluidity are fragmented.

The **aim** of the work is to study the regularities of plastic deformation of crystals of narrow-band semiconductors of solid solutions of HgTe-CdTe ($E_g = 0.05$ - 0.22 eV) and to establish the mechanisms of motion of dislocations that cause these processes.

Experimental methodology.

The investigated crystals $Cd_xHg_{1-x}Te$ ($x \leq 0,25$) were grown by Bridgman's methods and solid recrystallization.

Regularities of macroplastic deformation of crystals of solid solutions of HgTe-CdTe were investigated by the method of uniaxial compression on a Regel-Dubov relaxometer. In the process of deformation, the sample was in a quartz self-centering punch with a ball section, which eliminated the influence of possible non-parallelism of the sample ends on the overall course of the load curve.

Monocrystalline samples in the form of a rectangular parallelepiped with $2 \times 2 \times 6$ (mm) dimensions and different crystallographic orientations relative to the compression axis were subjected to uniaxial compressio. The strain rate varied in the range of 5.85 - $9.4 \cdot 10^{-2}$ mm / min. In some cases, the deformation of the samples was performed in a vacuum chamber of a cryostat of special design.

REGULARITIES OF PLASTIC DEFORMATION AND MECHANISMS DISLOCATION MOTION OF NARROW-GAP CRYSTALS OF SOLID SOLUTIONS $Cd_xHg_{1-x}Te$.

The primary task of studying the deformation properties of $Cd_xHg_{1-x}Te$ single crystals was to study the influence of various factors on the parameters of their strain hardening curves. Such dependences are well described by the four-stage form of the load curve (Fig. 1), first proposed for f.c.c. crystals in [5].

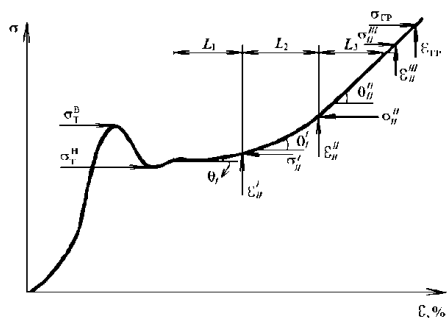


Figure 1. **Schematic four-stage deformation curve strengthening stress – strain**

Uniaxial compression of $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ samples along different crystallographic directions does not reveal significant differences in the parameters of strain hardening curves. This fact follows from the geometry of the dislocations in the structure of sphalerite.

Since the deformed crystals are nonstoichiometric materials, it is of interest to investigate the effect of deviations from stoichiometry on the parameters of the $\sigma - \varepsilon$ (stress-strain) curves.

In fig. 2 shows the following dependences for samples $\text{Cd}_{0.18}\text{Hg}_{0.82}\text{Te}$ with different concentrations of stoichiometric defects. As the graphs show, this factor significantly affects the nature of the deformation hardening curves. Therefore, one of the reasons for the observed non-reproducibility of the $\sigma - \varepsilon$ diagrams may be the excellent stoichiometry of the studied objects.

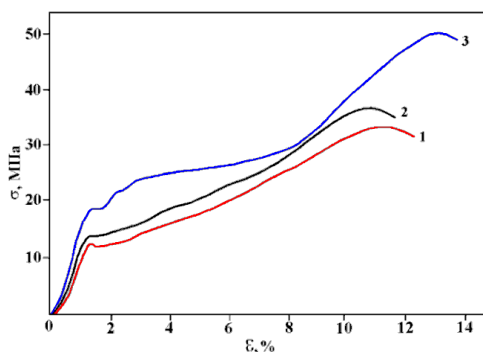


Figure 2. **Curves of deformation hardening of $\text{Cd}_{0.05}\text{Hg}_{0.95}\text{Te}$ crystals with different stoichiometry:**

1 - $p_{77} = 7 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$; 2 - $p_{77} = 8 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$; 3 - $n_{77} = 2 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$.

Deformation rate - $5.85 \cdot 10^{-3} \text{ mm / min}$. Temperature - 300 K.

The strain hardening curves of $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ single crystals show a significant difference from the loading rate. In fig. 3 shows typical diagrams of $\sigma - \varepsilon$ crystals of $\text{Cd}_{0.2}\text{Hg}_{0.8}\text{Te}$ deformed at different velocities.

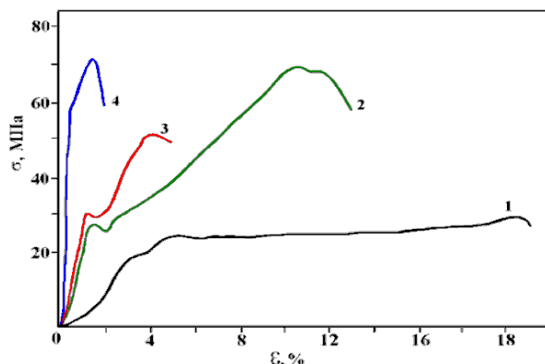


Figure 3. Curves of deformation hardening of $\text{Cd}_{0.2}\text{Hg}_{0.8}\text{Te}$ crystal at different loading speeds:

1 - $1.46 \cdot 10^{-3}$ mm / min .; 2 - $5.85 \cdot 10^{-3}$; 3 - $1.17 \cdot 10^{-2}$; 4 - $2.34 \cdot 10^{-2}$, $T = 300\text{K}$

As can be seen, the deformation at the extremely low ($v = 1.46 \cdot 10^{-3}$ mm/min) and high ($v = 2.34 \cdot 10^{-2}$ mm / min) velocities is not accompanied by the manifestation of the “tooth” of fluidity. Increasing the strain rate in the studied interval leads to an increase in the yield strength of the crystal. In addition, the increase in load speed is accompanied by a monotonic decrease in the length of the stage of easy sliding. The value of the maximum deformation for the minimum speed was 21%, and for the maximum - 1.6%. The tensile strength with increasing strain rate increases from 2.85 to 7.15 kgf / mm², respectively.

Fig. 4 shows the results of experimental studies of the velocity dependence of the yield strength of $\text{Cd}_{0.2}\text{Hg}_{0.8}\text{Te}$ crystals for temperatures of 77, 293, 388 and 423K. The applied speed interval was $2 \cdot 10^{-6} - 9 \cdot 10^{-5}\text{s}^{-1}$. The temperature range is 77–423 K. Such dependences, as we see, for the last two temperatures are straight lines with different slope coefficients. The general regularity of the velocity dependence of the yield strength at 77 and 293 K is the presence in them of two sections with significantly different degrees of velocity dependence. The first section of relatively weak dependence occupies the interval of velocities $c-1$ and is characterized by a linear relationship between and the logarithm of the strain rate.

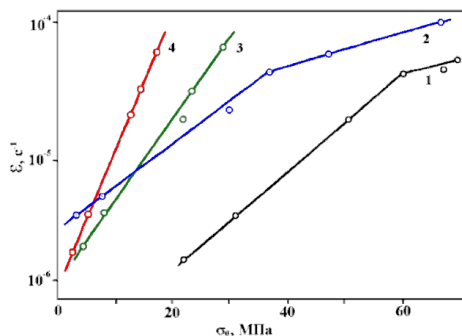


Figure 4. Dependence of the yield point σ_0 of $\text{Cd}_{0.2}\text{Hg}_{0.8}\text{Te}$ single crystals from the rate of deformation at temperatures: 1 - 77 K, 2 - 293, 3 - 388, 4 - 423

The second part of the above dependence is characterized by a much stronger velocity dependence of the yield strength. This interval is $4 \times 10^{-5} - 9 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$. The dependence of the yield strength on the rate of deformation here is also linear. Comparing the analyzed dependence with similar curves for some BCC metals with a base-centered (b.c.) lattice and alkali-halide crystals, it can be argued that in the second section of the velocity dependence of the yield strength, a certain contribution to the mechanism of dislocation inhibition is made by dynamic effects (rule, at $v > \sim 10^{-2} \text{ s}$, where c is the speed of sound). The temperature dependence of the sensitivity of the deforming stress (Fig. 5) in this speed range has a maximum in the region of 300 K. Note that similar studies performed on (b.c.) metals reveal a “bell-shaped” curve with maxima at certain temperatures for each metal. This course of the dependence $= f(T)$, which has a maximum, indicates the thermoactivation nature of plastic deformation.

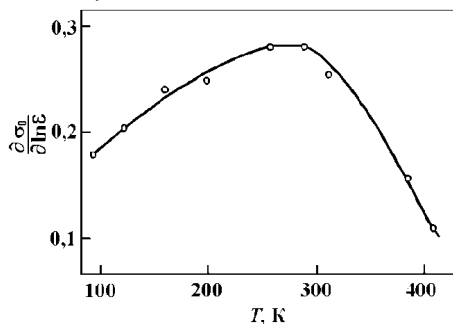


Figure 5. Temperature dependence of the sensitivity of the deforming stress to the strain rate for single crystals $\text{Cd}_{0.2}\text{Hg}_{0.8}\text{Te}$

Thus, the velocity dependence of the yield strength of $\text{Cd}_{0.2}\text{Hg}_{0.8}\text{Te}$ crystals in the first section in the temperature range 77–300 K is satisfactorily described by thermoactivation representations mechanisms.

Studies of the temperature dependence of the yield strength of n- $\text{Cd}_{0.2}\text{Hg}_{0.8}\text{Te}$ crystals in the temperature range (120–420 K) at five different loading velocities demonstrate its monotonic drop with increasing temperature (Fig. 6).

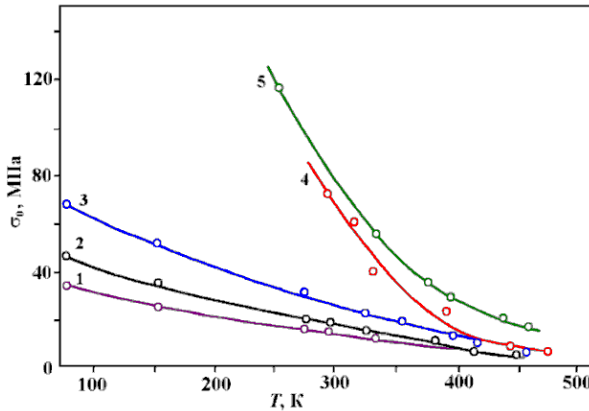


Figure 6. Temperature dependence of the yield strength of single crystals n- $\text{Cd}_{0.2}\text{Hg}_{0.8}\text{Te}$ at different load speeds:

1 - $7,32 \cdot 10^{-3}$ mm / min., 2 - $1,46 \cdot 10^{-3}$; 3 - $5,85 \cdot 10^{-3}$;
4 - $1,17 \cdot 10^{-2}$; 5 - $0,75 \cdot 10^{-2}$.

A comparison of the load curves shows that an increase in temperature affects the parameters of the curves similar to a decrease in the strain rate.

Since the plastic deformation of the investigated crystals is a thermally activated process, the activation parameters of the dislocation motion were evaluated to identify the mechanisms controlling the rate of plastic deformation.

Thermoactivation analysis of the kinetics of microplastic information of CdHgTe single crystals from stress relaxation experiments was performed according to the method [6]. According to the theoretical foundations of this technique, the stress relaxation in the crystal is described by the equation:

$$\ln(-\sigma^*) = \frac{V_a}{kT}(\sigma - \sigma_\mu) + \delta, \quad \text{here} \quad \delta = \ln(KbpLg_0) - \frac{U}{kT} \quad (1)$$

Here b , ρ , are the Burgers vector, density and velocity of dislocations, respectively; L is the average free path length of dislocations; g_0 - Debye

oscillation frequency of atoms (internal long-range voltage, athermic component). Thus, the slope of the line in the coordinates determines the magnitude of the activation volume V_a . And the values of the segments δ cut off along the coordinate axis at different temperatures - the magnitude of the activation energy U .

Due to the fact that the studied compounds are non-stoichiometric, the thermoactivation analysis was performed taking into account such imperfections of the lattice, as they must affect the processes of movement and reproduction of dislocations.

Samples of $\text{Cd}_{0.19}\text{Hg}_{0.81}\text{Te}$ with an initial concentration of $p_{77} = 8 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, obtained by a modified method of band solid recrystallization, were studied. The concentration of carriers was regulated by low-temperature annealing in saturated mercury vapor. Relaxation tests of the samples were performed in the temperature range (273–400 K). Fig. 7 shows the results of such tests for samples of different deviation from stoichiometry.

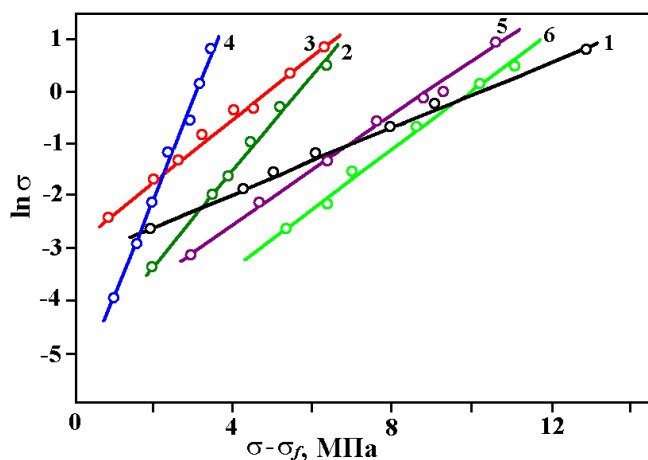


Figure 7. Experimental stress relaxation curves of $\text{Cd}_{0.2}\text{Hg}_{0.8}\text{Te}$ single crystals at different temperatures with different stoichiometry in the coordinates $\ln \sigma - (\sigma - \sigma_f)$: $p_{77} = 8 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, 1 - 293 K, 2 - 380 K; $n_{77} = 2 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$, 3 - 293 K, 4 - 378 K; $p_{77} = 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, 5 - 293 K, 6 - 374 K

In the table 1 shows the results of calculations of activation parameters of the studied crystals.

Table 1. Activation parameters of dislocation motion in $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ crystals

Table 1

№	Crystal	Type of conductivity	Concentration of charge carriers cm^{-3} ($T = 77 \text{ K}$)	Activation volume, V_a, b^3	Activation energy, U, eV	Yield strength, kgf/mm^2 ($T = 300 \text{ K}$)
1.	$\text{Cd}_{0,19}\text{Hg}_{0,81}\text{Te}$	p	$8 \cdot 10^{16}$	14	0,37	2,73
2.	$\text{Cd}_{0,19}\text{Hg}_{0,81}\text{Te}$	p	$4 \cdot 10^{17}$	11	0,41	3,20
3.	$\text{Cd}_{0,19}\text{Hg}_{0,81}\text{Te}$	p	$1 \cdot 10^{18}$	22	0,14	2,65
4.	$\text{Cd}_{0,19}\text{Hg}_{0,81}\text{Te}$	n	$2 \cdot 10^{15}$	19	0,35	1,54
5.	$\text{Cd}_{0,19}\text{Hg}_{0,81}\text{Te}$	n	$1 \cdot 10^{16}$	19	0,35	1,56
6.	$\text{Cd}_{0,19}\text{Hg}_{0,81}\text{Te}$	n	$1 \cdot 10^{16}$	18	0,32	1,48

These results indicate the following situation. A small increase in the concentration of acceptors after high-temperature heat treatment (HT HT) to $p = 4 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ leads to the strengthening of the crystal. The value of the activation volume V_a decreases from 14 to 11 b^3 , and the activation energy increases slightly. When reaching the maximum concentration of holes for a given sample ($p = 10^{18} \text{ cm}^{-3}$), its yield strength decreases, and the value of V_a exceeds the corresponding value for the original sample by almost 1.5 times. The activation energy is reduced from 0.37 eV for the original sample to 0.14 eV. As we can see, the differences in the activation parameters of n – type samples are insignificant. The latter suggests that interstitial mercury atoms do not act as local stoppers for mobile dislocations.

Thus, for the studied samples, the activation energy of dislocation motion, depending on the stoichiometry of the crystal, is in the range (0.14 - 0.41 eV), and the value of the activation volume is ($11\text{--}22 \text{ b}^3$). The study of the velocity dependence of the yield strength in the temperature range 77–420 K revealed that the dependence $\ln \dot{\epsilon} = f(1/T)$ for $p\text{-Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ single crystals consists of two sections with sharply different slopes (Fig. 8).

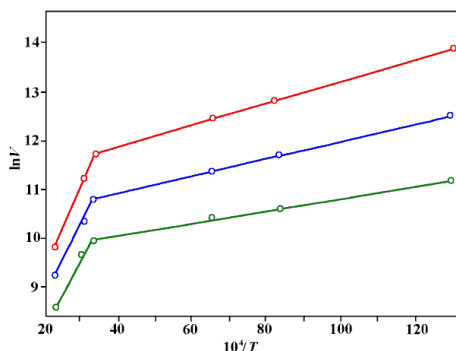


Figure 8. Dependence of the logarithm of the strain rate on the inverse temperature for crystals $\text{Cd}_{0,2}\text{Hg}_{0,8}\text{Te}$ at $\sigma = \text{const}$

Estimation of the activation energy in the low-temperature region (77 - 303 K) gave a value of 0.02 eV, and in the high-temperature region - 0.1 eV.

The values of the activation parameters of the dislocation motion correspond to the Peierls mechanism of dislocation movement. However, when analyzing the mechanisms controlling the process of plastic deformation of $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ crystals, it is necessary to take into account the role of stoichiometry defects in inhibition and propagation of dislocations. From the above data of the velocity dependence of the yield strength in a wide temperature range, it follows that the plastic deformation of $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ crystals within the main Peierls mechanism is obviously controlled by several mechanisms, the contribution of each of which may vary depending on the operating temperature range.

One of the criteria for fulfilling the Peierls mechanism of motion and propagation of dislocations is known to be the independence of the activation volume from the degree of deformation, as well as its rapid increase at low stresses. Such dependences obtained for the studied crystals of solid solutions (Figs. 9, 10) indicate the possibility of interpreting the plastic deformation of ternary crystals within the Peierls model, but taking into account the peculiarities of plastic fluidity of near-surface layers, band structure and stoichiometry of the studied crystals.

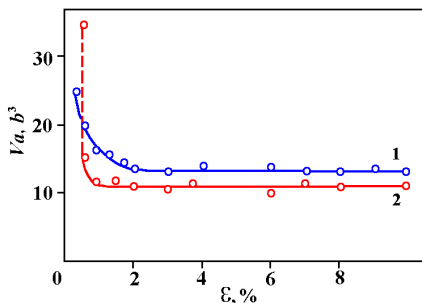


Figure 9. Dependence of the activation volume on the degree of deformation for $n\text{-Cd}_{0.2}\text{Hg}_{0.8}\text{Te}$ (1-direction of the compression axis $\langle 111 \rangle$, 2 - $\langle 110 \rangle$)

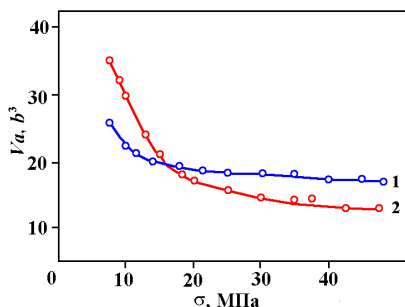


Figure 10. Dependence of activation volume on voltage for $n\text{-Cd}_{0.2}\text{Hg}_{0.8}\text{Te}$ (1 - direction of the compression axis $\langle 110 \rangle$, 2 - $\langle 100 \rangle$)

INFLUENCE OF LIGHTING ON PLASTIC FLUIDITY.

The studied crystals are also characterized by a change in the process of uniaxial dynamic compression of the stress of plastic fluidity under the action of light. This phenomenon is called - photoplastic effect (PPE). Since PPE is a typical phenomenon for crystals of broad band compounds A^2B^6 , and the component of the solid solution CdTe - has a positive effect, it was advisable to investigate the presence and nature of this effect in narrowband crystals of ternary compounds $Cd_xHg_{1-x}Te$ semiconductor composition ($x = 0.16-0.22$) with $E_g \sim 0.1$ eV.

For the first time, the general regularities of negative PPE (NFPE) in narrow-band $Cd_{0.2}Hg_{0.8}Te$ crystals deformed at a constant velocity on a Regel- Dubov relaxometer at room temperature were observed in [7].

A typical diagram of $\sigma - \varepsilon$ with the effect of photostrengthening of the crystal is presented in Fig. 11. It demonstrates that when the crystal is illuminated with white light from an incandescent lamp in the process of its uniaxial deformation at the stage after the fluidity tooth, the yield strength decreases rapidly and the crystal continues to deform with the previous coefficient of strain hardening. Turning off the light switches the crystal deformation to the previous mode. The phenomenon can occur repeatedly until the destruction of the sample.

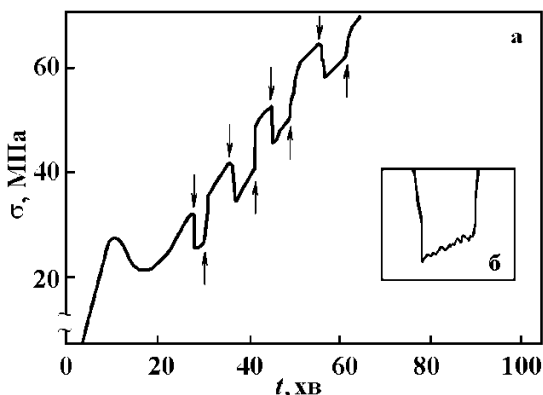


Figure 11. **Negative photoplastic effect of $Cd_{0.2}Hg_{0.8}Te$ crystal**
(↑ - light on, ↓ -exclusion; $V = 5.85 \cdot 10^{-3}$ mm / min, $T = 300$ K;
white light from an incandescent lamp)

It should be noted that the detection of PPE in narrow-band crystals when illuminated by light from the visible spectral range is a fact that was not expected in materials with a narrow band gap (~ 0.1 eV). An attempt to explain

this phenomenon based on ideas about the generation of nonequilibrium carriers using known mechanisms for wide-gap materials, did not give positive results.

Nature of NPPE in narrow bandgap CdHgTe crystals is related to the reduction in mechanical stress under the influence of light due to the decrease of the embedded positive charge at interphase "intrinsic oxide – semiconductor" boundary [8]. This is accompanied by the decrease in the deformation barrier EMU for the exit of generated dislocations on the surface of the crystal, resulting in reduced level of fluidity stress in the crystal deformed at a constant rate under irradiation.

CONCLUSIONS.

Based on the thermoactivation analysis of the deformation process of $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ solid solution crystals of different stoichiometry, it was found that the motion of dislocations is controlled by the Peierls mechanism with characteristic process parameters: $U = 0.14\text{--}0.41$ eV and $V_a = 10\text{--}21$ b³. The load diagram is described by a four-stage dependence and has a characteristic "tooth" of fluidity. A set of studies of the deformation behavior of mixed crystals indicates that they have some contradictory properties that are not typical of typical semiconductors. In particular: in combination with low values of Peierls barriers, the studied crystals show a relatively high fragility, characteristic of classical semiconductors. On the other hand, there is a high sensitivity of the yield strength to the strain rate, a significant dependence of their mechanical parameters on temperature brings these crystals closer to metals. Illumination of the crystal with white light in the process of uniaxial deformation is accompanied by a decrease in the stress of plastic fluidity of the crystal (capacitive photoplastic effect).

REFERENCES:

- [1] Hull, D.; Bacon, D. J. (2001). Introduction to dislocations (4th ed.). Butterworth-Heinemann .
- [2] Anderson, Peter M. (Peter Martin) (2017). Theory of dislocations. Hirth, John Price, Lothe, Jens (Third ed.). New York, NY: Cambridge University Press, ISBN 978-0-521-86436-7. OCLC 950750996.
- [3] Strauss, A., Brebrick, R. (1970). Vapor–Crystal Equilibrium and Electrical Properties of Mercury Telluride, *Journal of Physical and Chemistry of Solids*, 31(10), 2293-2307.
- [4] Hikari, A. (1966). Experimental Determination of Diffusion and Formation Energies of Thermal Vacancies in Germanium, *Journal of the Physical Society of Japan*, 21(1), 34-41.
- [5] Diehl, J. (1956). Zugverformung von Kupfer-Einkristallen. 1. Verfestigungskurven und Überlappungserscheinungen, *Zeitschrift für Metallkunde*, 47(5), 331-343.

- [6] Kuznetsov, R.I., Pavlov, V.A. & Shmatov, V.T.(1966). Plastic stress relaxation in aluminum and copper, *The Physics of Metals and Metallography*, 21(2), 265–271.
- [7] Koman, B.P. (1980). Main regularities of the negative photoplastic effect in $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ crystals, *Physical electronics*, 21, 43-48.
- [8] Koman, B.P., Balitskii, O.O. & Leonov, D.S. (2018). Photoplastic Effect in Narrow-Gap Mercury Chalcogenide Crystals, *Metallophysics and Advanced Technologies*, 40(4), 529–540. DOI: 10.15407/mfint.40.04.0529



Лупаренко Олена Валентинівна¹

Luparenko O.

АНАЛІЗ СПЕКТРУ РЕЗОНАНСНИХ ЧАСТОТ ТА ВЛАСНИХ ФОРМ КОЛИВАНЬ КУСКОВО-НЕОДНОРІДНОЇ ОБЛАСТІ ПРЯМОКУТНОГО ПЕРЕТИНУ

THE ANALYSIS OF THE SPECTRUM OF RESONANT FREQUENCIES AND NATURAL VIBRATION MODES OF A PIECEWISE INHOMOGENEOUS REGION OF A RECTANGULAR CROSS SECTION

АНОТАЦІЯ:

Представлено систематизований аналіз впливу співвідношення механічних та геометричних параметрів складеного прямокутного перетину на явище крайового резонансу. Проведено енергетичний аналіз розподілу динамічної напруженості поблизу границі розподілу різномірних областей перетину.

ВСТУП

Розглянемо результати дослідження стаціонарних хвильових процесів у кусково-неоднорідних тілах прямокутної форми. Специфіка матеріалу визначається внутрішніми пружними параметрами області, які можуть бути кусково-сталими функціями координат. Важлива особливість геометрії областей обумовлена наявністю в них не тільки кутових точок, а й ліній розподілу середовищ з різними пружними характеристиками.

Представляє великий практичний інтерес дослідження особливостей хвильового поля в околі цих ліній розподілу. Тут має місце поява нових хвильових ефектів, пов'язаних, перш за все, з концентрацією динамічних напружень в околі внутрішніх і зовнішніх границь області. Змінюється і природа крайових ефектів, які вже будуть залежати не тільки від розмірів

¹ канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри вищої та прикладної математики ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», УКРАЇНА

This work has been republished [without change]. First publication: Лупаренко, О. (2021). АНАЛІЗ СПЕКТРУ РЕЗОНАНСНИХ ЧАСТОТ ТА ВЛАСНИХ ФОРМ КОЛИВАНЬ КУСКОВО-НЕОДНОРІДНОЇ ОБЛАСТІ ПРЯМОКУТНОГО ПЕРЕТИНУ. *Грааль Науки*, (1), 169-177. DOI 10.36074/grail-of-science.19.02.2021.055.

області, а й від геометричних і пружних параметрів, що визначають характер неоднорідності. Задачі такого типу - багатопараметричні. На перший план при дослідженні виходять питання систематизації отриманих результатів з метою надання практичних рекомендацій для оптимального проектування перетину неоднорідних деталей при даних конкретних умовах її експлуатації в вібраційному полі. Крім того, досить актуальним залишається питання про можливість нехтування неоднорідністю структури розглянутого тіла при розрахунках на міцність, а також оцінкою похибок, які при цьому допускаються.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Розглянемо задачу про гармонійні коливання нескінченної в напрямку вісі Oz кусково-неоднорідної області, перетин якої в безрозмірних координатах описується нерівностями:

$$D = G^{(1)} \cup G^{(2)}$$

$$G^{(1)} = \{(x, y) : |x| \leq \delta; |y| \leq \eta\}$$

$$G^{(2)} = \{(\hat{x}, y) : \hat{x} \in [-\delta_2, 0] \cup [0, \delta_2]; |y| \leq \eta\} \quad (1)$$

де, $x, y, \hat{x}$ – віднесені до a декартові координати у $G^{(m)}, m = 1, 2$,
 $\delta = c/a, \eta = b/a, \delta_2 = 1 - \delta$.

Передбачається, що хвильове поле збуджується вібронавантаженням інтенсивності q , що гармонійно змінюється у часі з частотою ω і є прикладеним до зовнішніх границь перетину, а на границі контакту реалізуються умови жорсткого зчеплення.

При заданому навантаженні, розглядаємо задачу про вимушені коливання для різних значень частотного параметра $\Omega^{(1)}$. Процедура чисельного аналізу досить повно описана у [1] і може бути застосована до розрахунку без істотних змін. Частотне рівняння для визначення резонансних частот (РЧ) отримуємо, прирівнюючи визначник системи характеристичних рівнянь до нуля. Звичайно, це можливо робити тільки після того, як невідомі системи вийдуть на свою асимптотику [2,3]. При проведенні чисельного аналізу зробимо основний акцент на дослідженні

тонких хвильових ефектів, що проявляються на деяких частотах в небезпечних зонах перетину, в залежності від зміни його геометричних і структурних параметрів.

Розглянемо залежність явища крайового резонансу від зовнішніх розмірів перетину (параметр $\eta = L^{-1}$) і параметрів неоднорідності δ, δ_2 , що визначають розміри частин складеної області.

При малих значеннях безрозмірного параметра δ_2 , коли розміри області $G^{(2)}$ малі, вдалося встановити, що для деяких пар матеріалів одна з власних частот практично не змінюється при зміні параметра товщини перетину $L = \frac{a}{b}$.

Проведемо дослідження спектра РЧ для трьох комбінацій матеріалів областей, що стикаються. У першу групу пар матеріалів включимо матеріали-концентратори, які характеризуються виникненням особливостей в значеннях напруг в кутових точках. До другої групи включимо матеріали, на межі поділу яких виникають хвилі Стоунлі. Нарешті, до третьої групи віднесемо матеріали, що не входять до перших двох груп, в тому числі пари, що складаються з однакових матеріалів (назвемо ці пари «звичайними»).

Розглянемо залежності зміни РЧ $\Omega_k^{(1)}$ від параметра L при $\delta_2 = 1/7$, для пари матеріалів з другої групи St-Al і третьої групи Al-Al. Проведений аналіз показав, що для області, складеної з однакових матеріалів, ознаки крайового резонансу виражені яскравіше. Зауважимо, що параметр локальної особливості (ПЛО) у точці $A(\delta, \eta)$ стику двох середовищ для першого поєднання St-Al дорівнює $\alpha_A = 0.903$, а для другого поєднання Al-Al $\alpha_A = 1$. ПЛО в точці $B(1, \eta)$ не залежить від пружних параметрів областей і завжди дорівнює $\alpha_B = 1$.

Для інтегрального опису впливу особливостей хвильового поля на вібродинамічну поведінку складних деталей, доцільно провести порівняльний аналіз енергетичної характеристики середньої за період накопиченої у внутрішній області перетину деталі енергії. Вона пропорційна величині:

$$E = \sum_{m=1}^2 \iint_{G^{(m)}} (U_1^{(m)2} + U_2^{(m)2}) dG^{(m)} \quad (2)$$

Для ділянки області, що розташована в першій чверті, наведені значення величини E на різних РЧ $\Omega^{(1)}$ (табл. 1). Частина області перетину, що нас цікавить, розбивається на вертикальні ділянки. Для кожної з них обчислюється значення накопиченої енергії. Відношення її до повної енергії представлено в таблиці. Область $G^{(1)}$ виконана зі сталі, а область $G^{(2)}$ – з алюмінію. Обчислення проведені для значень $L = 2$; $\delta_2 = 1/7$. Частоти крайового резонансу тут і нижче відповідає третій рядок таблиці.

Таблиця 1

Розподіл енергії в характерних областях перетину на перших трьох резонансних частотах (малі розміри наплавлень)

$\Omega^{(1)}$	E	x / δ				$\hat{x} / \delta_2$	
		0.0 – 0.1	0.1 – 0.2	0.8 – 0.9	0.9 – 1.0	0.0 – 0.3	0.7 – 1.0
0.151	0.083	8.11	8.43	8.85	13.11	6.13	5.56
0.387	1.214	8.58	6.91	8.22	15.37	10.78	6.37
0.459	89.40	4.1	6.2	7.3	24.05	20.32	18.22

[авторська розробка]

З даних таблиці 1 випливає, що на частотах, відповідних крайовому резонансу спостерігається деяке зростання всіх показників хвильового поля не тільки поблизу бокової поверхні деталі, а й поблизу границі розподілу областей $G^{(1)}$ і $G^{(2)}$. Ті самі ефекти спостерігаються і для інших сполучень матеріалів у разі малих значень δ_2 .

Можна сформулювати такі висновки щодо особливостей спектра РЧ, що справедливі для малих значень безрозмірного параметра δ_2 і підтверджені результатами чисельного аналізу.

По-перше, неоднорідність суттєво ускладнює природу крайового резонансу, тому що плато не так яскраво виражені, протяжність горизонтальних ділянок спектра більше. Отже, розподіл енергії при неоднорідності носить менш яскраво виражений «кутовий» характер. Однак ознаки крайового резонансу наявні на великих ділянках частотного спектра.

По-друге, дослідження областей, з матеріалів другої групи, на границях розподілу яких існують хвилі Стоунлі, показало, що тільки для цих середовищ присутні деякі менш яскраво виражені в порівнянні з випадком однорідної

області ознаки крайового резонансу. Це можна пояснити тим, що відбувається відтік енергії від кута до границі розподілу.

По-третє, в картину спектру для матеріалів першої групи, які не входять в таблицю поєднання матеріалів, для яких існують хвилі Стоунлі, взагалі горизонтальні ділянки не входять, і, отже, ефекти крайового резонансу відсутні.

Основний висновок проведеного чисельного аналізу спектру РЧ полягає в тому, що коливання області, складеної із звичайних матеріалів, що входять в 3-ю групу, супроводжуються набагато більш яскраво вираженою «крайової» природою в порівнянні з матеріалами 2-ї групи. Для поєднання матеріалів, що входять до першої групи, ознаки крайового резонансу відсутні. По суті, для більшості поєднань матеріалів, які входять в першу і третю групу, виникнення ознак крайового резонансу і його інтенсивність регулюється значенням ПЛО в точці А. Чим ближче це значення до одиниці, тим більш виражені крайові ефекти. Окремо стоять пари матеріалів другої групи, де ця закономірність порушується. Для них спостерігаються більш слабкі в порівнянні з матеріалами третьої групи ознаки крайового резонансу, хоча для всіх пар матеріалів цієї групи ПЛО в точці А менше одиниці.

При збільшенні параметра δ_2 ефекти, характерні для явища крайового резонансу, зникають. У той же час збільшення розмірів δ_2 приблизно до значень δ лише кілька збільшує ефекти крайового резонансу на границі розподілу для матеріалів 3-ї групи. Це ілюструється даними таблиці 2, де розрахунки проведені для області з геометричними параметрами $L=1, \delta=0.5, \delta_2=0.5$.

Таблиця 2

Розподіл енергії у перетині для поєднання Ti-Cu (середні наплавлення)

$\Omega^{(1)}$	E	x/δ				$\hat{x}/\delta_2$	
		0.0 – 0.2	0.2 – 0.4	0.6 – 0.8	0.8 – 1.0	0.0 – 0.2	0.8 – 1.0
0.192	0.084	9.1	10.4	8.8	12.1	10.6	9.5
0.269	1.112	10.1	8.0	7.3	12.3	11.9	9.0
0.543	26.23	9.6	7.4	7.8	16.7	17.3	31.2

[авторська розробка]

У таблиці 3 представлені дані для області, складеної з пари матеріалів 1-ї групи Cu-St з тими ж геометричними параметрами ($L = 1, \delta = 0.5, \delta_2 = 0.5$).

Таблиця 3

Розподіл енергії у перетині для поєднання Cu-St (середні наплавлення)

$\Omega^{(1)}$	E	x/δ				$\hat{x}/\delta_2$	
		0.0 – 0.2	0.2 – 0.4	0.6 – 0.8	0.8 – 1.0	0.0 – 0.2	0.8 – 1.0
0.185	0.078	7.3	8.1	6.6	10.3	21.8	9.3
0.241	1.154	8.4	6.6	5.1	9.1	20.6	9.1
0.645	6.238	7.2	6.8	6.3	11.1	21.3	14.6

[авторська розробка]

З подальшим збільшенням розмірів зовнішніх областей ознаки крайового резонансу зникають практично для будь-яких поєднань матеріалів. Цей висновок не залежить від значення ПЛО в точці стику областей перетину.

Розглянемо розподіл нормованих, тобто віднесених до максимальних величин, компонент тензора напружень для різних сполучень пар матеріалів-концентраторів для 1-ї, 2-ї і 3-й РЧ. Слід зазначити, що при чисельному аналізі важливо враховувати не тільки пружні параметри пар матеріалів, але і акустичний опір середовищ, які контактують. При аналізі особливостей хвильового поля у разі різних співвідношень акустичних опорів матеріалів областей $G^{(m)}$ спостерігається різна ступінь ефективності відображення хвильового поля від границі розподілу. Для ілюстрації цього факту запроваджено параметр g_* , який визначає відношення хвильових опорів матеріалів областей $G^{(1)}$ і $G^{(2)}$. При поєднаннях пар матеріалів, для яких $g_* > 1$ (внутрішня область «м'якша»), спостерігається локалізація напружень у внутрішній кутовий точці області. На рис.1(а) представлено розподіл нормованого напруження $\bar{\sigma}_{11}(x, 0.95)$ для пари матеріалів-концентраторів Ni-Au ($\alpha_A = 0.897$) при $L = a/b = 2.25$, $\delta = 3\delta_2$, що відповідає середині плато в спектрі власних частот. Номери кривих відповідають номерам РЧ. Третя РЧ відповідає частоті крайового резонансу: в відповідній їй формі зона великих напружень зосереджена у внутрішній кутовий точці області та в меншій мірі поблизу торців прямокутника. При

видаленні від границі розподілу величина напружень різко спадає. На рис.1(б) представлено розподіл уздовж вісі $y = 0$ нормованого напруження $\bar{\sigma}_{22}(x, 0)$ для тієї ж пари матеріалів і тих же геометричних розмірах області.

В цьому випадку знову спостерігається зона відносно великих напружень у внутрішній кутовий точці області, а вздовж кордону локалізації немає. Крім того, на межі розподілу областей власні форми зазнають стрибкоподібний розрив.

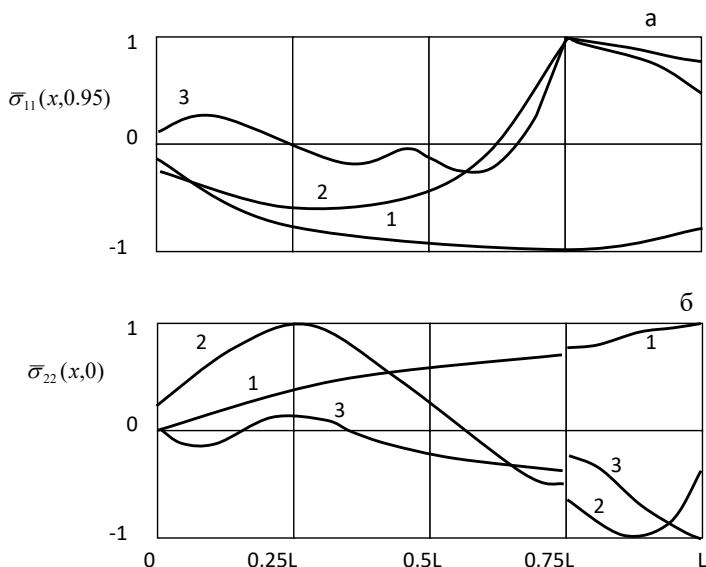


Рис. 1. Розподіл нормованих напружень по довжині перетину (поєднання матеріалів Ni-Au, $L = 2.25$)

При поєднанні пар матеріалів-концентраторів, відповідних величині $g_* < 1$ (внутрішня область більш «жорстка»), маємо якісно іншу картину в розподілі напружень. Очевидно, що розподіл величини енергії залежить не тільки від поєднання матеріалів, що задають область, а й від величини частотного параметру $\Omega^{(1)} = \omega a / c_S^{(1)}$ ($c_S^{(1)}$ — швидкість зсувних хвиль в області $G^{(1)}$). В даному випадку пар маємо майже рівномірний розподіл енергії по площі перетину. На частоті крайового резонансу, однак, велика

частина накопиченої енергії зосереджена в зовнішній, менш жорсткою області $G^{(2)}$. Спостерігається відсутність вираженої концентрації напружень, як на границі розподілу областей, так і поблизу зовнішніх кутових точок розглянутого складеного перерізу. Однак, близько 2/3 накопиченої енергії зосереджено у зовнішній області $G^{(2)}$, яка є менш жорсткою в порівнянні з внутрішньою. На рис. 2 представлено розподіл уздовж границі $y = 0.95$ нормованого напруження $\bar{\sigma}_{11}(x, 0.95)$ для пари матеріалів Au-Ni при описаних вище геометричних параметрах.

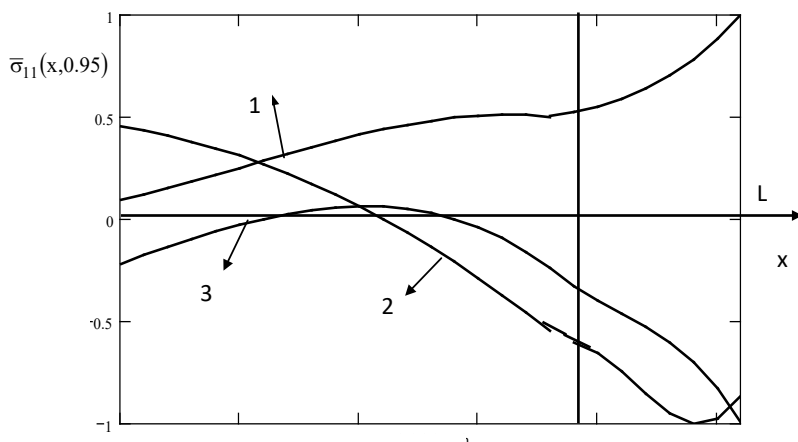


Рис. 2. Розподіл нормованих напружень по довжині перетину
(поєднання матеріалів Au-Ni , $L = 2.25$)

Таким чином, говорити про те, що тільки параметри Дандерса визначають пари матеріалів-концентраторів, не можна. У внутрішній кутовій точці області виникає концентрація напружень при певному порядку поєднання цих матеріалів. В даному випадку зовнішня область повинна бути більш жорсткою в порівнянні з внутрішньою областю.

Цікаве також питання, пов'язане з особливостями поведінки динамічних характеристик для пар матеріалів, для яких можливе виникнення хвиль Стоунлі [1]. І в цьому випадку важливе значення має певне поєднання таких матеріалів. Результати проведеного аналізу для пар матеріалів другої групи показали, що виникнення на межі розподілу двох середовищ хвиль типу

хвиль Стоунлі можливе лише в тому випадку, якщо для матеріалів, що становлять область перетину, жорсткість $g_* < 1$. У цьому випадку спостерігається різко виражена локалізація напружень уздовж границі розподілу областей. У внутрішній кутовій точці областей для цих матеріалів завжди існує локальна особливість. Крім того, маємо стрибкоподібний розрив в напруженнях $\bar{\sigma}_{22}(\delta, y)$ на границі розподілу. На рис. 3 представлено розподіл уздовж границі $y = 0$ нормованого напруження $\bar{\sigma}_{22}(x, 0)$ для пари матеріалів Al-St при $L = 2.25$.

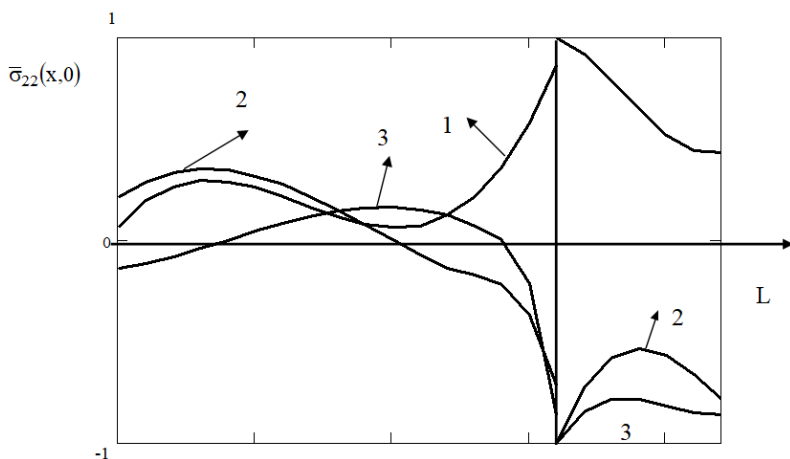


Рис. 3. Розподіл нормованих напружень по довжині перетину (поєднання матеріалів Al-St, $L = 2.25$)

Що стосується кількості збереженої енергії, то близько $3/4$ її зосереджено в зовнішній, більш «жорсткій» області. Це підтверджує раніше зроблені висновки про те, що для таких середовищ присутні ознаки крайового резонансу, які, проте, виражені не так яскраво, як у випадку однорідної області. Внутрішня, більш «м'яка» область, сприймає близько $1/4$ збереженої енергії.

Дослідження розподілу компонент тензора напружень в околі границі $x = \delta$ з параметром жорсткості $g_* > 1$, показало для таких матеріалів відсутність локалізації напружень уздовж границі розподілу середовищ і в кутовій точці А (рис. 4). При зазначеному поєднанні матеріалів близько $3/4$

збереженої енергії зосереджено у внутрішній, більш «жорсткій» області. Крім того, спостерігається інтенсифікація хвильових рухів в околі кутової точки області. Третя форма, яка відповідає частоті крайового резонансу, швидко зростає при підході до торця.

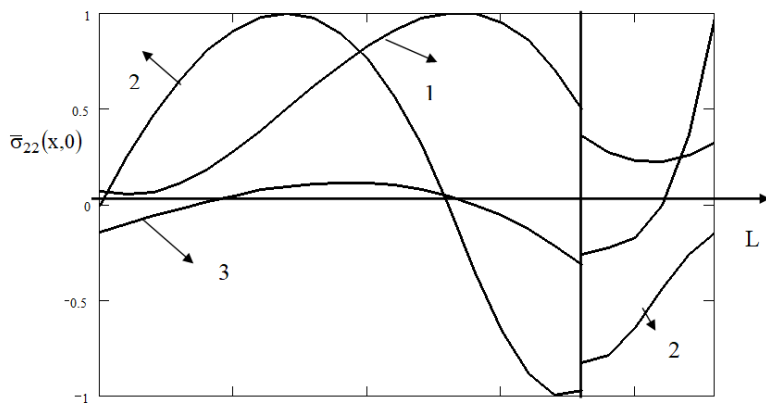


Рис. 4. Розподіл нормованих напружень по довжині перетину
(поєднання матеріалів St-Al, $L = 2.25$)

ВИСНОВКИ

Аналіз впливу співвідношення механічних і геометричних параметрів складеного перерізу на явище крайового резонансу дозволяє при аналізі спектру РЧ визначити умови, при яких зазначеними крайовими ефектами можна знехтувати. Зокрема, якщо для даного поєднання матеріалів значення ПЛО $\alpha_A < 1$ (матеріали-концентратори), то практично при будь-яких співвідношеннях пружних і геометричних параметрів складеного перерізу прояви крайового резонансу відсутні.

Для звичайних пар матеріалів ($\alpha_A = 1$) ознаки крайового резонансу присутні при малих розмірах зовнішньої області та поступово зникають з їх збільшенням. Окремо в аналізі стоять поєднання матеріалів, на границі розподілу яких можлива поява хвиль Стоунлі. Для цих поєднань значення $\alpha_A < 1$, але слабкі ознаки крайового резонансу присутні при малих розмірах наплавлень.

При енергетичному аналізі розподілу динамічної напруженості зроблено

наступні висновки: чим менше значення ПЛО для розглянутого поєднання матеріалів, тим більша кількість внутрішньої енергії накопичується в околі границі розподілу середовищ. Подібні результати отримані і при аналізі динамічних компонент тензора напружень на різних частотах.

REFERENCES:

- [1] Гринченко В.Т. & Мелешко В.В. (1981). *Гармонические колебания и волны в упругих телах*. Киев: Наук. думка.
- [2] Вовк Л.П., Соболев Б.В. & Лупаренко Е.В. (2001). Асимптотический метод исследования волновых полей в анизотропной прямоугольной области. *Вестник Донского государственного технического университета*, (1), 57-65.
- [3] Вовк Л.П. & Лупаренко Е.В. (2002). Про один метод исследования вибрационных характеристик кусочно-неоднородных элементов конструкций прямоугольной формы. *Вибрации в технике и технологиях*, (24), 22-25.

Сокіл Богдан Іванович¹ , Сенік Андрій Петрович² ,
Sokil B. Senyk A.

Сокіл Марія Богданівна³ , Андрухів Андрій Ігорович⁴ ,
Sokil M. Andrukhiv A.

ДИНАМІКИ ДВОВИМІРНИХ ГНУЧКИХ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМ ПРИВОДІВ, ЯКІ ХАРАКТЕРИЗУЮТЬСЯ СТАЛОЮ ШВИДКІСТЮ ПОЗДОВЖНЬОГО РУХУ

DYNAMICS OF TWO-DIMENSIONAL FLEXIBLE ELEMENTS OF DRIVE SYSTEMS, WHICH
ARE CHARACTERIZED BY CONSTANT SPEED OF LONGITUDINAL MOVEMENT

АНОТАЦІЯ:

Запропоновано методику дослідження динамічних процесів у двовимірних гнучких елементах систем приводу та транспортування. В її основу покладено: а) принцип одночастотності коливань у нелінійних системах; б) хвильову теорію руху; в) узагальнення, на базі наведеного вище, асимптотичного методу Крилова-Боголюбова-Митропольського (КБМ) на нові класи динамічних систем. У сукупності наведене дозволяє отримати двопараметричну множину розв'язків, які визначають вплив на динамічні процеси швидкості поздовжнього руху та фізико-механічних характеристик гнучких елементів систем транспортування.

ВСТУП

В останні десятиліття хвильова теорія руху [1,2] набула нового розвитку в першу чергу для дослідження процесів у довгомірних середовищах [3-6],

¹ доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інженерної механіки
Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П.Сагайдачного, УКРАЇНА

² канд. фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри прикладної математики
Національний університет «Львівська політехніка», УКРАЇНА

³ канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри транспортних технологій
Національний університет «Львівська політехніка», УКРАЇНА

⁴ канд. техн. наук, директор науково-технічної бібліотеки
Національний університет «Львівська політехніка», УКРАЇНА

This work has been republished [without change]. First publication: Сокіл, Б., Сенік, А., Сокіл, М., & Андрухів, А. (2021). ДИНАМІКИ ДВОВИМІРНИХ ГНУЧКИХ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМ ПРИВОДІВ, ЯКІ ХАРАКТЕРИЗУЮТЬСЯ СТАЛОЮ ШВИДКІСТЮ ПОЗДОВЖНЬОГО РУХУ. *Грааль Науки*, (2-3), 329-334. DOI 10.36074/grail-of-science.02.04.2021.067.

тобто середовищах, основні характеристики хвиль котрих змінюються як вздовж середовища, так і в часі. Її узагальнення дозволяє вивчити також процеси у середовищах, які для свого аналітичного дослідження не допускають застосування класичного методу відокремлення змінних. Йдеться в першу чергу про однорідні динамічні системи, які характеризуються поздовжньою швидкістю руху. Набагато складнішими і одночасно важливішими є задачі для середовищ обмеженої довжини. Для таких систем важливим фактором при описанні процесу є врахування крайових умов. Перші спроби щодо перенесення хвильової теорії руху на випадок одновимірних обмеженої довжини систем зроблено в [7,8], де встановлено низку особливостей процесу у системах, які характеризуються поздовжнім рухом. Зокрема, показано, що процес у них можна трактувати як накладання прямої і відбитої хвиль довжини котрих є різними, а частота процесу залежить від поздовжньої складової швидкості руху. Поєднання ж хвильової теорії із асимптотичними методами нелінійної механіки [9,10], дозволило в [11,12] для слабо нелінійних одновимірних моделей руху систем (квазілінійних) дослідити вплив різної природи обмежених за величиною силових чинників. У даній роботі робиться спроба поширити базові положення хвильової теорії руху, які викладені у [7,8] на більш складний випадок, а саме, двовимірні системи що характеризуються сталою швидкістю поздовжнього руху. До них в першу чергу відносяться стрічки конвеєрних ліній, транспортерів, процес рулонування металевої полоси та ін. З огляду на вказане і полягає актуальність роботи.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Математичною моделлю коливань двовимірних тіл малої згинної жорсткості, які характеризуються сталою швидкістю поздовжнього руху, є диференціальне рівняння

$$u_{tt} + 2Vu_{xt} - (\alpha^2 - V^2)u_{xx} - \gamma^2 u_{yy} = \mathcal{F}(u, u_x, u_y, u_t, u_{xx}, u_{yy}, u_{xy}). \quad (1)$$

В (1) α, γ - деякі сталі, $u(t, x, y)$ - шукана функція, t - час, x, y - Ейлерові координати рухомого об'єкту, V - його швидкість поздовжнього руху, $\mathcal{F}(u, u_x, u_y, u_t, u_{xx}, u_{yy}, u_{xy})$ - відома аналітична функція, яка описує нелінійні сили системи, а малий параметр ε вказує на малу величину останніх у порівнянні із лінійною складовою відновлюючої

сили. Для рівняння (1) будемо розглядати крайові умови вигляду

$$u(t, x, y)|_{x=0} = u(t, x, y)|_{x=l} = 0, \quad (2)$$

які узгоджуються із умовами безвідривності стрічки від привідного і веденого барабанів на лініях контакту з останніми. Легко переконатись, що навіть спрощена лінійна математична модель динамічного процесу досліджуваного об'єкту (при $\varepsilon = 0$), тобто

$$u_{tt} + 2Vu_{xt} - (\alpha^2 - V^2)u_{xx} - \gamma^2 u_{yy} = 0 \quad (3)$$

для свого вивчення не дає змоги застосувати такі класичні методи побудови розв'язків рівнянь з частинними похідними як Фур'є і Д'Аламбера [13]. Не дивлячись на вказане, покажемо спочатку, що розв'язок крайової задачі (3), (2) має хвильовий характер.

Розвиваючи основну ідею концепції хвильового руху для динамічних систем, які характеризуються сталою складовою швидкості поздовжнього руху, спочатку покажемо, що розв'язок рівняння (3) за крайових умов (2) можна трактувати як накладання прямої і відбитої хвиль довжини яких є різними, тобто

$$u(t, x, y) = a \cos(kx + \delta y + \omega t + \varphi) + b \cos(\chi x - \delta y - \omega t + \psi), \quad (4)$$

де, відповідно, ω - частота, a, b - амплітуди прямої і відбитої хвиль, k, χ - їх хвильові числа, а δ - хвильове число поперечної складової хвилі, φ, ψ - початкові фази хвиль. Обґрунтувати таке представлення можна хоча б такими факторами: а) при $\gamma = 0$ із (4) утворюються відомі результати, які стосуються процесів у одновимірних тілах; б) у граничному випадку при $V = 0$ із (4) маємо результати, що узгоджуються із відомими класичними. Дійсно, підставляючи в (3) на місце похідних вирази, які випливають із (4), для зв'язку між частотою і хвильовими числами отримуємо дисперсійні співвідношення

$$\begin{aligned} \omega^2 + 2V\omega k - (\alpha^2 - V^2)k^2 - \gamma^2 \delta^2 &= 0, \\ \omega^2 - 2V\omega \chi - (\alpha^2 - V^2)\chi^2 - \gamma^2 \delta^2 &= 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Крім цього, хвильове представлення розв'язку (4) буде задовольняти

крайову умову $u(t, x, y)|_{x=0} = 0$, якщо має місце зв'язок між амплітудами та початковими фазами хвиль: $a = b$, $\varphi = -\psi$. Це можна пояснити тим, що для випадку консервативної коливної системи (до неї не надходить зовнішня енергія і дисипативні сили відсутні) амплітуда процесу є незмінною. Враховуючи наведене, із другої крайової умови, тобто $u(t, x, y)|_{x=l} = 0$, маємо

$$\cos(kl + \delta y + \omega t + \varphi) - \cos(\chi l - \delta y - \omega t - \varphi) = 0. \quad (6)$$

Вказане вище має виконуватись для довільного моменту часу t , а це дає додаткові умови для зв'язку між хвильовими числами κ , χ , δ і довжиною стрічки l

$$\begin{aligned} \cos(kl + \delta y) - \cos(\chi l - \delta y) &\equiv 0, \\ \sin(kl + \delta y) + \sin(\chi l - \delta y) &\equiv 0. \end{aligned} \quad (7)$$

Легко переконатись, що тотожності (7) визначають зв'язок між хвильовими числами κ , χ у вигляді

$$\kappa + \chi = \frac{2k\pi}{l}, k = 1, 2, \dots \quad (8)$$

Дисперсійні співвідношення (5) разом із залежностями (7) дають змогу визначити хвильові числа κ , χ та частоту процесу ω а відтак, незбурені коливання у вигляді

$$u_0(t, x, y) = a \left[\cos \left(\frac{k\pi}{l} \left(1 - \frac{V}{\alpha} \Delta \right) x + \frac{m\pi}{b} y + \frac{k\pi}{l} \frac{\alpha^2 - V^2}{\alpha} \Delta t + \varphi \right) - \cos \left(\frac{k\pi}{l} \left(1 - \frac{V}{\alpha} \Delta \right) x - \frac{m\pi}{b} y - \frac{k\pi}{l} \frac{\alpha^2 - V^2}{\alpha} \Delta t + \varphi \right) \right] \quad (9)$$

$$\text{де} \quad \Delta = \sqrt{1 + \frac{\gamma^2 l^2 m^2}{(\alpha^2 - V^2) k^2 b^2}}.$$

Відповідно до загальних принципів побудови розв'язків нелінійних диференціальних рівнянь із малим параметром у правій частині, розв'язок збуреного рівняння (1) за однорідних крайових умовах (2) будемо шукати у

вигляді асимптотичного ряду

$$u(x, y, t) = a(\cos(\kappa x + \delta y + \theta) - \cos(\chi x - \delta y - \theta)) + \varepsilon u_1(a, x, y, \theta) + \varepsilon^2 u_2(a, x, y, \theta) + \dots, \quad (10)$$

в якому $\theta = \omega t + \varphi$, а невідомі функції $u_1(a, x, y, \theta), u_2(a, x, y, \theta), \dots$ повинні визначатися так щоб: а) асимптотичне подання розв'язку (10) задовольняло з необхідним ступенем точності вихідному рівнянню (1); б) бути періодичними відносно x, y, θ ; в) задовольняти крайовим умовам, які випливають із (2). Крім цього, нелінійні сил є причиною того, що параметри a і φ для збуреного випадку є змінними величинами. Нижче будемо розглядати випадок, коли ці параметри не змінюються своїєї величини вздовж стрічки, а залежать тільки від часу. Закони їх зміни будемо шукати у вигляді диференціальних співвідношень [14].

$$a_t = \varepsilon A_1(a) + \varepsilon^2 A_2(a) + \dots, \quad \varphi_t = \varepsilon B_1(a) + \varepsilon^2 B_2(a) + \dots \quad (11)$$

Таким чином, задача полягає у визначенні таких невідомих функцій $A_1(a), A_2(a), \dots, B_1(a), B_2(a), \dots$ та $u_1(a, x, y, \theta), u_2(a, x, y, \theta), \dots$ при яких асимптотичне подання розв'язку (11) із необхідним ступенем точності задовольняє вихідному рівнянню (1).

Асимптотичне представлення розв'язку (10), (11) буде задовольняти вихідному рівнянню (1), якщо після підстановки в нього на місце функції $u(x, y, t)$ і її похідних відповідні вирази, коефіцієнти при однакових степенях малого параметра ε правої і лівої його частин будуть однакові. Останнє і служить умовою для визначення невідомих функцій $u_1(a, x, \theta), u_2(a, x, \theta), \dots$, зокрема, для знаходження $u_1(a, x, \theta)$ отримуємо лінійне диференціальне рівняння

$$\omega^2 \frac{\partial^2 u_1}{\partial \theta^2} + 2V\omega \frac{\partial^2 u_1}{\partial \theta \partial x} - (\alpha^2 - V^2) \frac{\partial^2 u_1}{\partial x^2} - \gamma^2 \frac{\partial^2 u_1}{\partial y^2} = F_1(a, x, y, \theta) + \quad (12)$$

$$+ 2\{A_1(a)(\omega + \kappa V)(\sin(\kappa x + \delta y + \theta) + (\omega - \chi V)\sin(\chi x - \delta y - \theta)) + aB_1(a)(\omega + \kappa V)\cos(\kappa x + \delta y + \theta) - (\omega - \chi V)\cos(\chi x - \delta y - \theta)\}$$

де $F_1(a, x, y, \theta)$ відомого вигляду функція.

Після нескладних тригонометричних перетворень невідомі функції $A_1(a)$ і $B_1(a)$ у правій частини співвідношення (11) приймають вигляд



$$A_1(a) = \frac{\varepsilon}{2\pi b l \left[(\omega + \kappa V)^2 + (\omega - \chi V)^2 \right]} \int_0^l \int_0^b \int_0^{2\pi} f_1(a, x, y, \theta) \times \\ \times \left\{ [(\omega + \kappa V) \sin(\kappa x + \delta y) + (\omega - \chi V) \sin(\chi x - \delta y)] \cos \theta + [(\omega + \kappa V) \cos(\kappa x + \delta y) - (\omega - \chi V) \cos(\chi x - \delta y)] \sin \theta \right\} d\theta dy dx, \\ B_1(a) = \frac{\varepsilon}{a 2b \pi l \left[(\omega + \kappa V)^2 + (\omega - \chi V)^2 \right]} \int_0^l \int_0^b \int_0^{2\pi} f_1(a, x, \theta) \times \quad (13) \\ \left\{ [(\omega + \kappa V) \sin(\kappa x + \delta y) + (\omega - \chi V) \sin(\chi x - \delta y)] \sin \theta - [(\omega + \kappa V) \cos(\kappa x + \delta y) - (\omega - \chi V) \cos(\chi x - \delta y)] \cos \theta \right\} d\theta dy dx,$$

Визначивши функції, які визначають для першого наближення основні характеристики хвиль, тобто функції $A_1(a)$ і $B_1(a)$, перейдемо до знаходження функції $U_1(a, x, y, \theta)$. Вказана функція буде задовольняти накладені на неї умови, якщо представити її у вигляді

$$U_1(a, x, y) = \sum_{k \neq 1} \sum_m \sum_s U_{1ksm}(a) X_s \left(\frac{s\pi}{l} x \right) Y_m \left(\frac{m\pi}{b} y \right) \exp i(k\theta), \quad (14)$$

де $\left\{ X_s \left(\frac{s\pi}{l} x \right) \right\}$, $\left\{ Y_m \left(\frac{m\pi}{b} y \right) \right\}$ повні ортогональні системи функцій вигляду $\left\{ X_s \left(\frac{s\pi}{l} x \right) \right\} = \left\{ \sin \frac{s\pi}{l} x \right\}$, $\left\{ Y_m \left(\frac{m\pi}{b} y \right) \right\} = \left\{ \sin \frac{m\pi}{b} y \right\}$, а невідомі коефіцієнти її розкладу приймають вигляд

$$U_{1ksm}(a) = \frac{1}{\left(-k^2 \omega^2 + (\alpha^2 - V^2) \left(\frac{s\pi}{l} \right)^2 + \left(\frac{m\pi}{b} \right)^2 \right) \pi l b} \int_0^{2\pi} \int_0^l \int_0^b f_1(a, x, y, \theta) X_s \left(\frac{s\pi}{l} x \right) Y_m \left(\frac{m\pi}{b} y \right) \times \\ \times \exp(-i(k\theta)) dy dx d\theta \quad \text{при } k \neq 1$$

Подібного вигляду отримуються диференціальні рівняння для другого і наступних наближень, тільки права частина рівняння тобто функція $F_2(a, x, y, \theta)$ має більш громіздкий вигляд.

Нижче, для випадку $f(u, u_x, u_y, u_t, u_{xx}, u_{yy}, u_{xy}) = Ku_t + Bu_{xx}^3$, подані графічні залежності, які ілюструють залежність частоти поздовжніх коливань від швидкості поздовжнього руху, амплітуди коливань

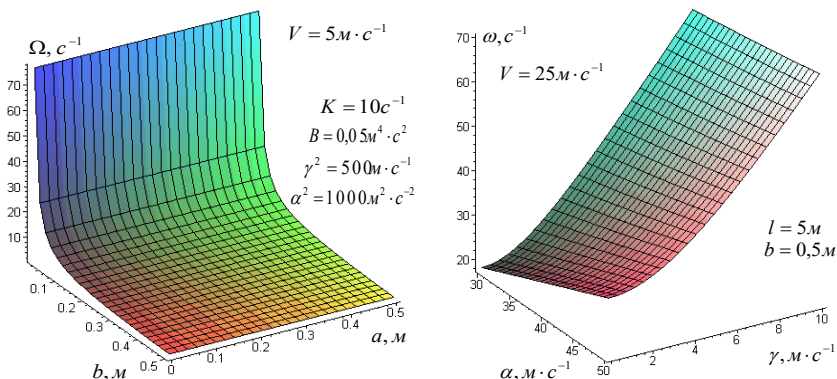


Рис.1. Залежність частоти коливань збуреного руху від амплітуди та фізико-механічних характеристик середовища за різних значень швидкості позовжнього руху

ВИСНОВКИ.

Розроблена у роботі методика дозволяє визначити вплив швидкості позовжнього руху, різної природи нелінійних сил на основні параметри коливань гнучких елементів систем транспортування. Отримані розрахункові залежності, які можуть служити базою для інженерних розрахунків відповідних елементів систем, а також представлені на їх основі графічні залежності проказують на значний вплив як фізико-механічних, геометричних параметрів на динаміку процесу, зокрема, для більших швидкостей позовжнього руху частота власних коливань є меншою і при значенні останньої α проходить зрив коливань. Достовірність розробленої методики підтверджується тим, що у граничному випадку при $\gamma \rightarrow 0$ із отриманих результатів випливають співвідношення, які стосуються коливань одновимірних систем [7,8].

REFERENCES:

- [1] Додд Р., Ейблек Дж., Гиббон Дж., Моррис Х. (1988). *Солитоны и нелинейные волновые уравнения*. - М.: Мир.
- [2] Уизем Дж. (1977). *Линейные и нелинейные волны*. - М.: Мир.
- [3] Митропольский Ю. А. (1995). О построении асимптотического решения возмущенного уравнения Клейна - Гордона // Укр. мат. журн. (47), 1209 - 1216.
- [4] Митропольский Ю. А. (1998). О построении асимптотического решения возмущенного уравнения Брезертона. Укр. мат. журнал, (59), 58 - 71.

- [5] Митропольский Ю. А., Лимарченко О.С. (1998). К вопросу об асимптотических приближениях для медленных волновых процессов в нелинейных диспергирующих средах. Укр. мат. журнал, (59), 357 – 371.
- [6] Митропольський Ю.О., Сокіл Б. І. (1998). Про застосування Атеб-функцій для побудови асимптотичного розв'язку збуреного нелінійного рівняння Клейна-Гордона. Укр. мат. журнал, (50), 665 - 670.
- [7] Мартинців М. П., Сокіл М. Б. (2003). Одне узагальнення методу Д'Аламбера для систем, які характеризуються позовжнім рухом. Збірник науково-технічних праць УДАТУ, (13.4), 64-67.
- [8] Мартинців М. П., Сокіл Б. І., Сокіл М. Б. (2003). Хвильові процеси в однорідних нелінійно-пружних системах і методи їх дослідження. Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість, (28), 81-89.
- [9] Митропольский Ю. А., Мосеенков Б. И. (1976). Асимптотические решения уравнений в частных производных. К: Вища школа.
- [10] Боголюбов Н. Н., Митропольский Ю. А. (1974). Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний. М.: Наука.
- [11] Харченко Є. В., Сокіл М.Б. (2007). Вплив періодичного збурення на багаточастотні коливання одновимірних нелінійно пружних середовищ, які характеризуються позовжнім рухом. Динаміка, міцність та проектування машин і приладів. - Вісник Національного університету "Львівська політехніка", (588), 81-89.
- [12] Харченко Є. В., Сокіл М. Б. (2007). Нелінійні процеси у середовищах, які характеризуються позовжнім рухом і вплив способу закріплення на їх коливання. Автоматизація виробничих процесів к машинобудуванню і приладобудуванню, (41), 156-159.
- [13] Кошляков Н. С., Глинер Э. Б., Смирнов М. М. (1970). Уравнения в частных производных математической физики. М.:Высшая школа.
- [14] Митропольский Ю.А. (1972). Метод усреднения в нелинейной механике. К.: Наукова думка.

Гервольська Кристина Анатоліївна¹

Gervolska K.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПОРУ ҐРУНТІВ З РІЗНИМ СТУПЕНЕМ ВОЛОГОСТІ, МІНЕРАЛІЗАЦІЇ ТА ТЕМПЕРАТУРИ

EXPERIMENTAL RESEARCH ON DETERMINATION OF THE ELECTRIC RESISTANCE OF
SOILS WITH VARIOUS DEGREES OF HUMIDITY, MINERALIZATION AND TEMPERATURE

АНОТАЦІЯ:

В результаті експериментальних досліджень отримані залежності електричного опору від температури, вологості і концентрації добрив проб ґрунтів, відібраних в Магдалинівському районі Дніпропетровської області. Встановлено, що для всіх залежностей характерною областю зміни електричного опору є зона зі значеннями 2 - 4 МОм м, яка відповідає найбільш сприятливим умовам для розвитку рослин, а саме температури ґрунту 27 - 33 °С, вологості 17 - 22%, концентрації добрив НРК 0,445 - 0,545г/дм³. Показана принципова можливість застосування цього методу для експрес-визначення вологості і засоленості ґрунтів.

ВСТУП

Вода виконує важливий вплив на ґрунтоутворюючий процес, викликаючи істотні зміни фізичного стану ґрунту, сольового режиму, теплових властивостей, повітряного режиму, хімічних і мікробіологічних процесів, темпу накопичення і розкладання органічної речовини в ґрунті.

Найточнішим методом визначення якості ґрунту, включаючи такі показники як вологість, хімічний, органічний склади, є трудомісткий лабораторний метод. Він найбільш точно показує вміст хімічних елементів в ґрунті, процентний вміст органічних речовин, вологість ґрунту та інші

¹ здобувач вищої освіти факультет водогосподарської інженерії та екології
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, УКРАЇНА

This work has been republished [without change]. First publication: Гервольська, К., & Чушкіна, І. (2021). ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПОРУ ҐРУНТІВ З РІЗНИМ СТУПЕНЕМ ВОЛОГОСТІ, МІНЕРАЛІЗАЦІЇ ТА ТЕМПЕРАТУРИ. *Грааль Науки*, (4), 253-257. DOI 10.36074/grail-of-science.07.05.2021.048.

показники за бажанням замовника. Такі аналізи зазвичай проводять на початку і в кінці поливного періоду. Але показники вологості та засоленості ґрунту бажано перевіряти частіше, тому що вони безпосередньо впливають на врожайність і якість врожаю [1].

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Досить часто оперативні дані отримують тензометричним методом, однак вони в значній мірі залежать від механічного стану приладів. Окремі підприємства використовують стаціонарні прилади для моніторингу вологості ґрунтів (Diviner-2000, EnviroSCAN), принцип роботи яких заснований на вимірюванні електромагнітної ємності ґрунту. Прилади оснащені датчиками і мають програмне забезпечення [2].

В даний час все частіше застосовуються методи, які використовують на вимірювання електричного опору (провідності) ґрунтів, які знаходяться в прямій залежності від вологості, температури і сольового складу ґрунтів. Вони являють собою міні модифікацію відомого в геофізиці методу вертикального електричного зондування (ВЕЗ) [3]. Теоретичні основи ВЕЗ досить добре розроблені, вони застосовується в різних варіантах для вивчення або вертикального розрізу в основній модифікації зі зміною відстаней між живлячими і приймаючими електродами чи при профілюванні, тоді відстань між електродами залишається сталою. Для цього методу встановлено теоретичні залежності між електричним опором та вологістю, складом гірських порід [3].

Для визначення вологості і засоленості ґрунтів зазвичай використовується міні модифікація в двоелектродному варіанті, іноді застосовують прилад з одним електродом. Основною перевагою цього методу є його оперативність, недоліком є те, що теоретично основи його слабо розроблені і для кожного типу ґрунтів і виду добрив, доводиться проводити експериментальні дослідження по вивченню залежностей між електричним опором і параметрами ґрунтів. Такі експериментальні дослідження були проведені на ґрунтах, відібраних в Магдалинівському районі (с.м.т. Приют). Маса проби становила 6 кг, хімічні аналізи взятої ґрунтової проби (табл.1).

Вологість ґрунту визначена термостатно-ваговим методом на 4 зразках за загальноприйнятою методикою [4]. Результат визначення вологості проб (табл. 2).

Таблиця 1

**Результати аналізу проб ґрунту Магдалинівської зрошувальної системи
(с.м.т. Приют)**

рН	HCO ₃ ⁻		Ca ²⁺		Mg ²⁺		SO ₄ ²⁻		Cl ⁻		Na ⁺ +K ⁺		Σ іонів	Вологість
	мг- екв/ 100г	%	мг- екв/ 100г	%	мг- екв/ 100г	%	мг- екв/ 100г	%	мг- екв/ 100г	%	мг- екв/ 100г	%	%	%
7,18	1,0	0,06	0,3	0,006	0,1	0,001	0,2	0,001	0,17	0,006	0,97	0,024	0,1	28,6

Таблиця 2

**Результати визначення вологості проб ґрунту Магдалинівської
зрошувальної системи (с.м.т. Приют)**

№ проби	1	2	3	4
Маса тари, г	27,26	26,38	26,49	26,85
Маса вологого ґрунту, г	71,71	70,65	71,24	72,97
Маса висушеного ґрунту, г	70,13	69,08	60,15	61,93
Вологість, %	3,69	4,15	32,95	31,47

Експериментальні дослідження проводилися для визначення трьох залежностей електричного опору від температури, вологості ґрунту, а також при поливі з різною концентрацією добрив з поливною водою.

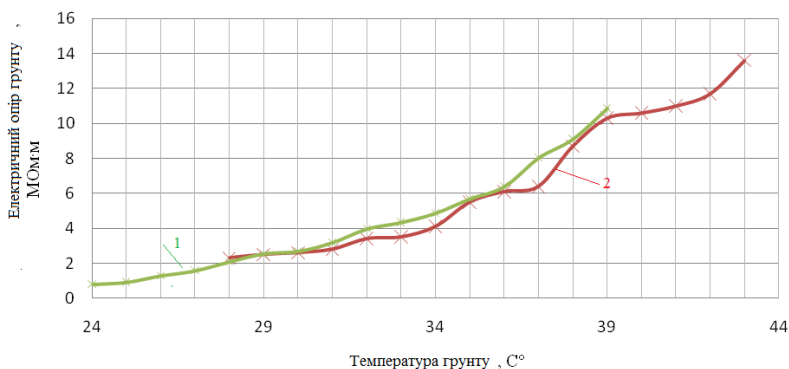
У першому експерименті, визначалися залежності між електричним опором і температурою ґрунту. Для проведення дослідів ґрунт щільністю 1,2г/см³ вміщували в контейнер розміром 10х12х8,5 см. Температура ґрунту вимірювалася ртутним термометром, заглибленим на 2 см; електричний опір двоелектродної установкою з відстанню між електродами 10 см. Максимальна глибина вимірювання електричного опору в цьому випадку дорівнювало 5 см [2]. Контейнер з пробою ґрунту знаходився під прямими сонячними променями з 10 до 13 годин дня. Всього проведено 2 дослідів, початкова вологість ґрунту в першому досліді склала 15,6%, у другому - 22,7%.

Електричний опір ґрунту вимірювався при зміні температури на 1 °С. За результатами експериментів (табл.3) побудований графік залежності зміни електричного опору від температури ґрунту (рис.1).

Таблиця 3

Експериментальні дані залежності електричного опору від температури ґрунту

1	Температура, °C	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
	Опір, МОм·м	2,3	2,5	2,6	2,8	3,4	3,5	4,1	5,5	6,1	6,4	8,7	10,3	10,6	11,0	11,7	13,6
2	Температура, °C	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
	Опір, МОм·м	0,8	0,9	1,3	1,6	2,1	2,6	2,7	3,2	4,0	4,4	4,9	5,7	6,4	8,0	9,1	10,9



**Рис. 1. Графік залежності електричного опору від температури ґрунту:
1 - дослід 1; 2- дослід 2.**

У другому експерименті, були визначені залежності між електричним опором і вологістю ґрунту. Для вивчення закономірностей зміни електричного опору від вологості використовувався контейнер розмірами 54смх12смх11см, висота ґрунтового шару в ньому становила 8 см, щільність ґрунту 1,19 г/см³. Електричний опір вимірювалося двоелектродною установкою з відстанню між електродами 10 см. Всього проведено 3 досліді, початкова вологість ґрунту в першому досліді становила 7%, у другому - 5,6%, в третьому - 8,3%; початкова температура відповідно 25°C, 25°C, 26°C. Методика проведення досліді була такою, що ґрунт в контейнері рівномірно поливалася дистильованою водою, через 10 хвилин між поливами, відбиралися проби ґрунту для визначення вологості термостатно-ваговим способом і знімалися показання приладу. За

результатами експериментальних досліджень одержано (рис. 2).

У третьому експерименті визначали залежність між електричним опором і концентрацією добрив в ґрунті. Для проведення дослідів використовували азотно-фосфорно-калійне добриво (нітроамофос $N_{15}P_{15}K_{15}$).

Вода для розведення добрива відібрана за стандартною методикою з Фрунзенського зрошувального каналу поблизу насосної станції у с.м.т. Приют. Хімічний аналіз води наведено в табл. 4.

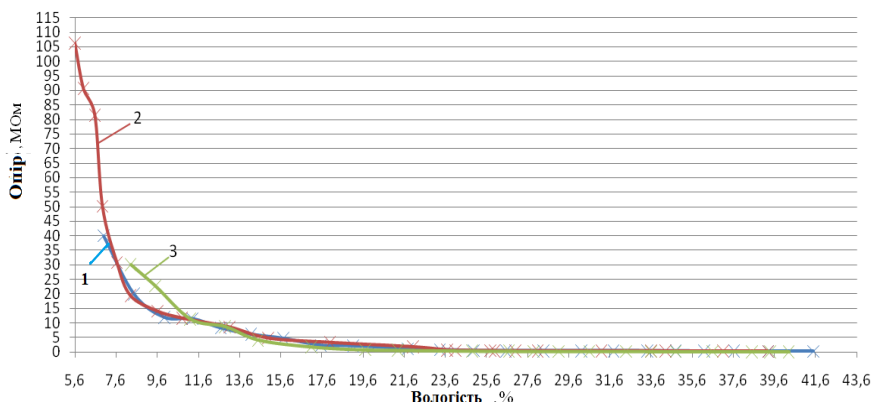


Рис. 2. Графік залежності електричного опору від вологості ґрунту:
1 - перший дослід; 2 - другий дослід; 3 - третій дослід.

Таблиця 4

**Результати аналізу проби води Магдалинівської зрошувальної системи
(с.м.т. Приют)**

pH	HCO_3^-		Ca^{2+}		Mg^{2+}		SO_4^{2-}		Cl^-		Na^++K^+		Σ іонів
	мг-екв/100г	%	мг-екв/100г	%	мг-екв/100г	%	мг-екв/100г	%	мг-екв/100г	%	мг-екв/100г	%	
8,2	8,2	502,6	2,8	56	13,8	165,6	21,4	1027,2	5,5	195,3	18,5	463,5	2410,2

Концентрація добрив у воді для внесення в ґрунт становила $5г/дм^3$, температура ґрунту - $25^\circ C$. Електричний опір вимірювався двоелектродною установкою з відстанню між електродами 10 см і заглибленням їх на 1,5 см. Розміри контейнера 10см x12см x 8,5см.

Схема проведення експериментів наступна. У ґрунт вносили добрива по 20мл за 1 раз через 10 хвилин проводилися вимірювання електричного

опору. Експеримент припинявся при досягненні концентрації $N_{15}P_{15}K_{15}$ в ґрунті 3г/дм^3 . На основі отриманих результатів побудовано графік залежності електричного опору від концентрації добрив в поливній воді (рис. 3).

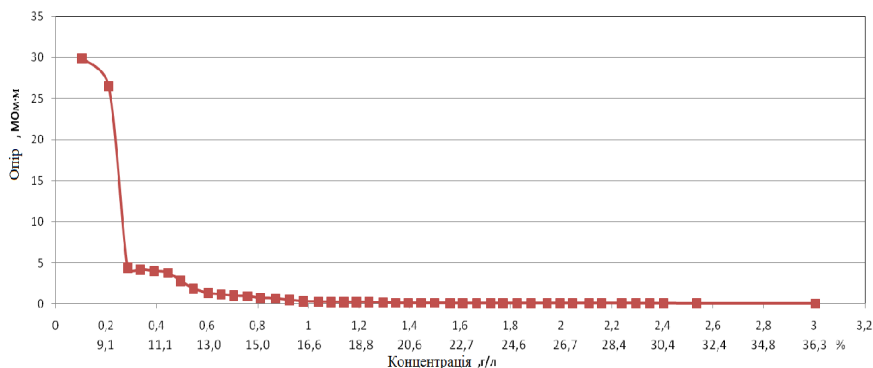


Рис. 3. Графік залежності електричного опору від концентрації добрив в поливній воді

ВИСНОВКИ.

В результаті аналізу наведених графіків найбільш просту форму має графік залежності між електричним опором і температурою ґрунту. Графік залежності лінійний і по ньому можна визначати температуру з незначною похибкою. Графіки залежності електричного опору від вологості і концентрації добрив мають більш складну форму. Криві на рис. 2,3 можна розбити умовно на 2 частини. Перша частина кривих мають високий градієнт, а друга асиметрично наближається до нуля. Крім того на обох графіках різко виділяються перегини кривих в області зміни опору від 2 до 4 МОм·м, в першому випадку ця зона відповідає вологості 17,6 - 19,6%, у другому - концентрації добрива в ґрунті 0,495 - 0,545г/дм³.

Вагомий вплив на зміну електричного опору надає вологість ґрунту. Можна побачити, наскільки тісно пов'язані між собою вологість та електричний опір в тому випадку, коли опір зразку залежить тільки від вологості ґрунту при незмінному її хімічному складі та фізичному стані. Так, при збільшенні вологості до найменшої вологоємності (22%) опір її різко зменшується, а після досягнення повної вологоємності ґрунту (41,5%) практично не змінюється.

REFERENCES:

- [1] Поздняков А.И. & Гюлалыев Ч.Г. (2004). Электрофизические свойства некоторых почв. 240 с. Вилучено з: <https://ua1lib.org/book/3114512/dfb093?id=3114512&secret=dfb093>
- [2] АПК-Информ: овощи & фрукты (2021). Вилучено з: <https://www.fruit-inform.com/ru>.
- [3] В.К. Хмелевський & В.М. Бондаренко (1989). Электроразведка: Справочник геофизика. 438 с. Вилучено з: http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnie-posobiya/Hmelevskoj_osnovy_geofizicheskikh_metodov.pdf.
- [4] ДСТУ Б В.2.1-17:2009 (2010). Методи лабораторного визначення фізичних властивостей. Вилучено з: <https://profidom.com.ua/v-2/v-2-1/1462-dstu-b-v-2-1-172009-metodi-laboratornogo-viznachenna-fizichnih-vlastivostej>.

НАУКОВИЙ КЕРІВНИК:

Чушкіна І.В. 

кандидат технічних наук,

старший викладач кафедра цивільної інженерії, технології будівництва та захисту довкілля
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, УКРАЇНА

Кохан Оксана Михайлівна¹, Ревер Анастасія Олександрівна²

Kokhan O.

Rever A.

ЛІТОЛОГІЯ НИЖНЬОПЛАНОРБЕЛОВИХ ВІДКЛАДІВ МАЙКОПСЬКОЇ СЕРІЇ ІНДОЛО-КУБАНСЬКОГО ТА ПІВДЕННОКЕРЧЕНСЬКОГО ПРОГІНІВ

LITHOLOGY OF THE LOWER PLANORBEL DEPOSITS OF THE MAYKOP SERIES OF THE INDOLO-KUBAN AND SOUTHERN KERCH DEPARTURES

АНОТАЦІЯ:

Індоло-Кубанський прогин, виповнений потужною (понад 8 км) товщею крейдово-четвертинного віку, відноситься до одного з найбільш перспективних у нафтогазопошуковому відношенні районів Південної нафтогазоносної області України [1, 2]. Це підтверджене відкриттям нафтових та газоконденсатних покладів на Фонтанівській, Поворотній, Придорожній, Владиславівській, Мошкарівській, Куйбишевській, Слюсарівській та інших площах та численними проявами вуглеводнів у нижньомайкопських відкладах. Завдяки проведенню в останні роки регіональним сейсмічним дослідженням, встановлені особливості поширення основних літолого-стратиграфічних комплексів, виділені структурно-тектонічні зони та локальні підняття, а також протрасовані тектонічні порушення [3]. В той же час, залишаються не з'ясованими низка питань, пов'язаних з характером літофаціальної просторово-вікової мінливості осадових нашарувань, варіацій мінералого-петрографічного складу порід, встановлення умов їх осадоагромадження. На вирішення цих питань і спрямовані наші дослідження нижньопланорбелових нашарувань майкопської серії Індоло-Кубанського та Південнокерченського прогинів.

ВСТУП

За характером просторового розподілу товщин нижньопланорбелової товщі Індоло-Кубанський та Південнокерченський прогин на початок олігоценового часу представляли собою складно побудований, в морфологічному відношенні,

¹ кан. геол. наук (PhD), провідний інженер відділу седиментології провінцій горючих копалин Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, УКРАЇНА

² інженер II категорії відділу седиментології провінцій горючих копалин Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, УКРАЇНА

This work has been republished [without change]. First publication: Кохан, О., & Ревер, А. (2021). ЛІТОЛОГІЯ НИЖНЬОПЛАНОРБЕЛОВИХ ВІДКЛАДІВ МАЙКОПСЬКОЇ СЕРІЇ ІНДОЛО-КУБАНСЬКОГО ТА ПІВДЕННОКЕРЧЕНСЬКОГО ПРОГІНІВ. *Грааль Науки*, (2-3), 688-693. DOI 10.36074/grail-of-science.02.04.2021.152.

седиментаційний басейн з цілою низкою депоцентрів (Багерівсько-Південнокерченський, Індольський, Казантипський) та підняття (Гірського Криму; Краснокутсько-Багерівсько-Таманської підводна гряди) (рис. 1). Найбільш повні розрізи при максимальних товщинах розкриті на теренах Керченського півострова, де потужність відкладів перевищує 500 м. Натомість в передгірських районах Криму та Кавказу потужність відкладів не перевищує 50–100 м, що пов'язане зі зменшенням товщини та виклинюванням окремих горизонтів, а також пізнішим розмивом.

Значний за площею розвитку *Багерівсько-Південнокерченський депоцентр* ранньоолігоценового седиментаційного басейну, з ізолітами понад 500 м, локалізований в східних районах вивченого регіону і в тектонічному відношенні охоплює осьову зону Південнокерченського прогину та центральні ділянки Індоло-Кубанського прогину.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Депоцентр субмеридіонального простягання, «лапатої» в плані форми, з похилим західним та більш крутим східним бортами в розрізі. З заходу, сходу та півночі він відповідно обмежений палеовиступами: Гірськокримським, Кавказьким (Анапський виступ), Таманським та Багерівським, а на півдні – трансформується в вузький в плані глибоководний прогин Сорокіна (див рис. 1).

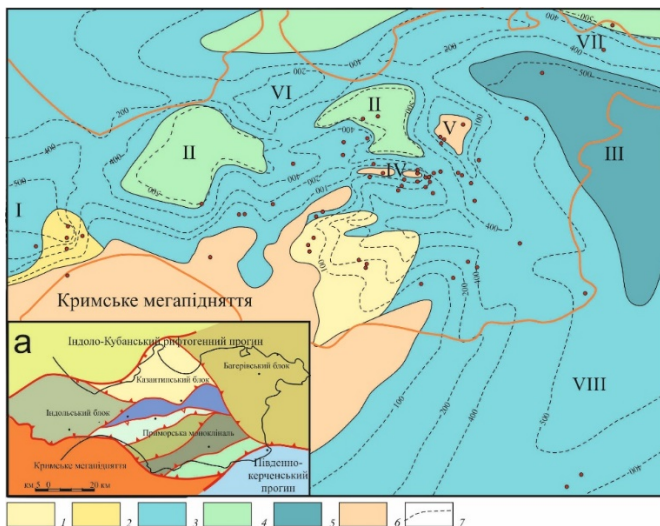


Рис. 1. Схема потужностей та літофай нижньопланорбелової товщі майкопської серії Азово-Чорноморського осадово-породного басейну
[авторська розробка]

Значно менший за площею, але подібний за товщинами нижньопланорбелової товщі (понад 500 м) Казантипський депоцентр локалізований в центральних районах регіону. Це видовжена в плані субширотного простягання структура з похилим північним та більш крутим південним бортами, що розташована між Краснокутським та Фонтанівсько-Горностаєвським виступами. Західна центрикліналь останнього через сідловину з'єднується з Індольським депоцентром, практично ізометричною в плані та різко асиметричною в розрізі з пологим північним та крутим південним бортами структурою та товщинами нижньомайкопських відкладів понад 500 м. Депресія з півночі та півдня обмежена Краснокутським та Гірськокримським виступами.

Індоло-Кубанський прогин. Западни: I – Індольська, II – Казантипська, III – Багерівська. Виступи: IV–Горностаєвський, V–Фонтанівський, VI–Краснокутський, VII–Багерівський. VIII – Південнокерченський прогин. Літологічні серії та комплекси: Алевролітова: 1–псаміто-алевроліто-аргілітовий (пісковики 0–25 %, алевроліти 50–75 %, аргіліти 25–50 %); Змішана псаміто-алевроліто-аргілітовва: 2–змішаний теригенний (в рівних співвідношеннях всі три компоненти) (пісковики 25–50 %, алевроліти 25–50 %, аргіліти 25–50 %). 3–переважно аргіліто-алевролітовий (пісковики 0–25 %, алевроліти 25–50 %, аргіліти 25–50 %). Аргілітова: 4–псаміто-алевроліто-аргілітовий (пісковики 0–25 %, алевроліти 25–50 %, аргіліти 50–75 %), 5–аргілітовий з прошарками пісковиків та алевролітів (пісковики 0–25 %, алевроліти 0–25 %, аргіліти 50–75 %); 6–відсутність відкладів. 7–ізопахіти нижньопланорбелової товщі. а) Фрагмент карти тектонічного районування Азово-Чорноморського регіону з позицій тектоніки плит (за [4]).

Локалізовані в межах басейну виступи (Краснокутський, Багерівський, та Фонтанівсько-Горностаєвський обмежені ізопахітами 100 м і в морфологічному відношенні представляють собою сильно видовжені в плані субширотного простягання асиметричні в розрізі з крутими південними та пологими північними схилами форми. Вони розмежовані цілою низкою вузьких в плані сіловин, що оконтурені ізопахітою 300 м.

За літологічним складом розріз нижньопланорбелової товщі Азово-Чорноморського регіону доволі одноманітний і характеризується домінуванням глинистих порід від 29 до 70 % розрізу (середнє 49 %) при вмісті пісковиків від 3 до 25 % (середнє 10 %) та алевролітів – від 27 до 57 % (41 %). Прощарки кластичних літотипів, товщиною 0,1–5 м, практично рівномірно розподілені по всьому розрізі, місцями концентруючись у нижніх, середніх або верхніх частинах розрізу. Останнє зумовлене

просторовим положенням розрізу відносно ймовірних джерел зносу уламкового матеріалу або певних структурно-морфологічних форм басейну осадонагромадження.

За характером поширення компонентів виділено п'ять літологічних комплексів з трьох серій, серед яких найбільш просторово поширеним є переважно аргіліто-алевролітовий комплекс змішаної псаміто-алевроліто-аргілітова серія (класифікація за [5], див. рис. 1).

Змішана *псаміто-алевроліто-аргілітова серія* характеризується значним просторовим розвитком і охоплює практично 80 % вивченого регіону. Простежуються утворення даної серії в діапазоні глибин від сотень метрів до 4500 м, а їх потужність варіює від 10 до 500 м. В структурному відношенні ці відклади тяжіють до схилів та склепінних зон конседиментаційних піднять. У складі серії розвинені два комплекси, серед яких домінуючу роль (99 %) відіграє переважно аргіліто-алевролітовий (пісковики 0–25%, алевроліти 25–50%, аргіліти 25–50 %), а утворення змішаного (в рівних процентних співвідношеннях всі три компоненти, пісковики 25–50 %, алевроліти 25–50 %, аргіліти 25–50 %) комплексу – формують невеличке за площею «язикоподібне» тіло з товщинами 50–300 м, в межах південного борту Індольської западини (північний схил Кримського мегантиклінорю). В напрямку депоцентрів Індоло-Кубанського прогину дані утворення заміщуються відкладами *аргілітової серії*, з товщинами понад 500 м. Представлені вони двома комплексами: аргілітовим з прошарками пісковиків та алевролітів (пісковики 0–25 %, алевроліти 0–25 %, аргіліти 50–75 %) та псаміто-алевроліто-аргілітовим (пісковики 0–25%, алевроліти 25–50%, аргіліти 50–75 %), що простежуються у вигляді практично ізометричних в плані полів відповідно в депоцентрі Казантипської та Багерівської западин.

Алевролітова серія розвинена на західних схилах Гірськокримської складчасто-насувної споруди і представлена псаміто-аргіліто-алевролітовим (пісковики 0–25 %, алевроліти 50–75 %, аргіліти 25–50 %) комплексом. Останній формує «язикоподібної» форми поле субширотного простягання товщиною від декількох до 400 м. В східному напрямку цей комплекс заміщується відкладами переважно аргіліто-алевролітового комплексу змішаної псаміто-алевроліто-аргілітової серії.

Складна морфометрія вивченого осадовопородного басейну вплинула і на латеральні варіації літологічного складу розрізу нижньопланорбелової товщі та мінералого-петрографічний склад відкладів.

Розріз нижньопланорбелової товщі майкопу центральних районів

Індольського депресії (Шубінська, Індольська площі) в нижній частині представлений глинами чорними, алевритистими, щільними, слюдистими з поодинокими лінзами алевроліту з піритизованими рештками водоростей. Догори за розрізом чорні літотиби заміщуються темно-сірими, а далі – зеленкувато-сірими відмінами. Повсюдно відмічаються черепашки форамініфер та їх уламки, характерні стягнення глауконіту (до 10 %). В північних районах Індольської депресії (Чонгарська, Островська, Джанкойська, Передова та інші площі) в літологічній структурі розрізу зростає кількості прошарків алевролітів та пісковиків в глинистій товщі при домінуванні серед них світло-сірих, зеленкуватих різновидів. Уламковий матеріал (50–80 %) розподілений нерівномірно, добре відсортований та обкатаний, представлений переважно зернами кварцу псамітової та алевритової розмірності з поодинокими зернами калієвих польових шпатів, уламків кременистих порід. Відмічається також зростання кількості решток форамініфер карбонатного складу та розширення їх видового спектру. Повсюдно присутня домішка гідроокисів заліза, пилюватого та дрібнокристалічного піриту, стяжін глауконіту (див. рис. 2).

Розріз південно-східних районів депресії (Восточна, Шубінська, Тамбовська та інші площі) формує пачка (товщиною 200–400 м) перешарування глин, алевролітів та пісковиків з поодинокими прошарками сидеритів. Пісковики з характерною косошаруватою структурою та слідами хвилеприбійних знаків, вуглефікованими органогенними рештками та гідроокисами заліза.

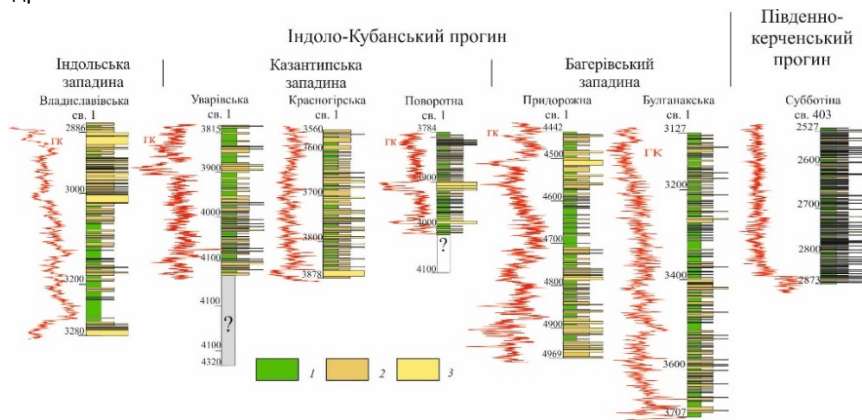


Рис. 2. Типові розрізи нижньопланорбелової товщі Індоло-Кубанського та Південнокерченського прогинів. 1 – аргіліти, 2 – алевроліти, 3 – пісковики [авторська розробка]

В **Казантипській** депресії (Уварівська, Красногірська, Слюсарівська, Поворотна площі) кластогенні утворення нижньопланорбелової товщі майкопу мають зональне просторове поширення. В цілому, в літологічній структурі розрізу тут домінують темно-сірі аргіліти алевритисті та піскуваті лінзовидношаруватої, хвилястої чи масивної текстури з прошарками пісковиків, алевролітів та сидеритів. Слід відзначити присутність в розрізі товщі пачок (товщиною до 5–6 м) тонкого (товщина окремих прошарків від 2–5 мм до 1–2 см) перешарування аргілітів, алевролітів та пісковиків.

Кластогенні утворення товщі тяжіють до припідшовних її частин і представлені сірими з зеленкуватим відтінком пісковиками та алевролітами. В той же час, пісковики південно-східних районів депресії (Поворотна площа) середньо-дрібнозернисті, інколи крупно-середньозернисті з гравієм олігоміктового та мономіктового кварцового складу, карбонатизовані, щільні масивні з гідрослюдистим з домішкою каолініту та карбонату цементом. В породах відсутні фауністичні рештки мікрофауни та вуглефікованого рослинного детриту і наявні обкатані уламки карбонатних порід та дрібнозернистих пісковиків.

На відміну від вищеописаних, нижньопланорбелові пісковики південно-західних районів Казантипської депресії (Слюсарівська площа) мають значно менше просторово-вікове поширення. Представлені вони темно-сірими, сірими дрібно-середньозернистими різновидами олігоміктового складу з регенераційним кварцовим цементом, насичені вуглефікованим рослинним детритом та пилюватим піритом.

В літологічній структурі нижньопланорбелової товщі майкопу **Фонтанівсько-Горностаєвської ділянки** виділено декілька пачок. Починається розріз пачкою, товщиною від 20 до 100 м, ритмічного перешарування аргілітів та зеленкувато-сірих пісковиків (0,5–10 см) з поодинокими прошарками сидеритів. Пісковики дрібнозернисті з лінзовидношаруватою, шаруватою текстурою олігоміктової з стяжіннями глауконіту (10–15 %) та вкрапленістю піриту (3–5 %). Перекриваються вони пачкою (товщиною 40–150 м) перешарування аргілітів та пісковиків. Останні світло-сірого, коричнювато-сірого, сірого кольору слюдисті, глинисті з лінзовидношаруватою текстурою, олігоміктової крупно-, середньо- або різнозернисті, зі стяжіннями глауконіту (до 5 %), зерен піриту, часто з характерним регенераційним кварцовим цементом. Слід відмітити присутність серед уламкового матеріалу зерен ромбічного піроксену (гіперстену) та уламків кременистих порід. Товщина прошарків останніх в

північних районах ділянки досягає 11,5 м. Перекривається дана пачка аргілітами з численними прошарками (товщиною 1–5 см) дрібнозернистих пісковиків та алевролітів. Порооди зеленкувато-сірого до зеленого кольору глауконітові (до 15–25 %) з включенням зерен ромбічного піроксену, пилуватого піриту (до 5–10 %) та решток мікрофауни карбонатного складу. Закінчується розріз нижньопланорбелової товщі Фонтанівсько-Горностаєвської ділянки регіону глинистою пачкою (товщина 100–350 м), що складена аргілітами темно-сірими, щільними, з поодинокими лінзовидними прошарками дрібнозернистих пісковиків та сидеритів (товщиною до 1 см) (див. рис. 2).

В північно-східному напрямку, в межах *Багерівської депресії* (Булганакська, Придорожна, Малобабчинська площі) в літологічній структурі розрізу нижньопланорбелової товщі домінують темно-сірі до чорних аргіліти з міліметровими прошарками алевролітів, рідко пісковиків та сидеритів, роль яких дещо зростає в припідшовній частині. Пісковики дрібно-середньозернисті сірі, зеленкувато-сірі з стяжіннями глауконіту (5–10 %), зернами піриту, вуглефікованими органогенними рештками. Характерна присутність в окремих прошарках пісковиків та аргілітах домішки гравійних уламків (до 2,5 см) окварцованих пісковиків.

ВИСНОВКИ

В межах *Південнокерченської депресії* (Коренківська, Дубровська, Субботіна площі) розріз нижньопланорбелової товщі непогано корелюється з одновіковими утвореннями Фонтанівсько-Горностаєвської ділянки і характеризується розвитком декількох пачок. Нижня – переважно глиниста товщиною понад 100 м та представлена перешаруванням аргілітів темно-сірих до чорних слабо алевритистих, некарбонатних з неясношаруватою текстурою та алевролітів (товщина прошарків 1–5 мм до 5 см) з поодинокими прошарками пісковиків. Пісковики сірі різнозернисті щільні за рахунок окварцовання олігоміктові. Вище за розрізом простежується ще одна пачка перешарувань аргілітів, алевролітів та пісковиків товщиною до 200 м. Останні сірі, дрібнозернисті, поодинокі різнозернисті олігоміктові з лінзовидношаруватою текстурою. Закінчується розріз пачкою аргілітів (товщина до 300 м) темно-сірих, сірих невапнистих нерівномірно піскуватих з мікролінзами алевролітів та пісковиків (див. рис. 2).

REFERENCES:

- [1] Гожик, П. Ф., Євдошук, М. І., Ставицький, Е. А. та інш. (2011). Нафтогазоперспективні об'єкти України. Наукові і практичні основи пошуків родовищ вуглеводнів в Українському секторі Прикерченського шельфу Чорного моря. Київ: Едельвейс.
- [2] Іванюта, М. М., Федішин, В. О., Денєги, Б. І. (ред.) (1998). (Т. 6). Атлас родовищ нафти і газу України. Південний регіон. Львів: Українська нафтогазова академія.
- [3] Гладун, В. В., Захарчук, С. М., Крупський, Б. Ю. та інші. (2008). Аналіз результатів бурових робіт на прикерченському шельфі Чорного моря: матеріали Міжнародної конференції, Геодинаміка, тектоніка і флюїдодинаміка нафтогазоносних регіонів України (с. 179-189). Сімферополь, Україна.
- [4] Герасимов, Г. К., Бондарчук, А. М., Скорик, М. Є. та ін. (2006). Тектонічна карта півдня України з позицій актуалістичної геодинаміки: матеріали Міжнародної конференції, Геодинаміка, сейсмічність і нафтогазоносність Чорноморсько-Каспійського регіону (с. 11-40). Крим, Україна: ПГТ Гурзуф.
- [5] Киселев, А. Е., Кульчицкий, Я. О. (1983). Количественный метод в литологических исследованиях (на примере Лено-Виллюйской и Карпатской нефтегазоносных провинций). Геологический журнал. (6), 1–10.



NOTES

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.













SCIENTIFIC EDITION

COLLECTIVE SCIENTIFIC MONOGRAPH
STATE, TRENDS AND PROSPECTS OF LAND SCIENCES,
ENVIRONMENT, PHYSICS, MATHEMATICS AND
STATISTICS' DEVELOPMENT

EDITION 1

English, Ukrainian and other

Signed for publication: 31.08.2020 (online) & 31.08.2022 (print)

Format 60×84/16. Offset Paper. Digital printing.

The headset is Franklin Gothic Book.

Conventionally printed sheets 5,81.

Circulation: 150 copies.

Printed from the finished original layout.

Publisher (ISBN) :

TX 75001, United States, Texas, Dallas

Primedia E-launch LLC

E-mail: info@primediaelaunch.com

URL: www.primediaelaunch.com

Compilers; publisher of printed copies:

21037, Ukraine, Vinnytsia, Zodchykh str. 18/81

NGO European Scientific Platform

Tel.: +38 098 1948380; +38 098 1956755

E-mail: info@ukrlogos.in.ua

URL: www.ukrlogos.in.ua

Certificate of the subject of the publishing business: ДК № 7172 of 21.10.2020.