

ISSN 2313-2159 print
ISSN 2409-9864 online

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ВІСНИК



Дніпропетровського університету

Науковий журнал

Том 23 (1)

2015

Visnik Dnipetrovsk'ogo universitetu. Seriâ Geologiâ, geographiâ
Dnipetrovsk University bulletin. Geology, geography.

Серія: ГЕОЛОГІЯ. ГЕОГРАФІЯ

Випуск 17

Дніпропетровськ
Дніпропетровський національний університет
імені Олеся Гончара

УДК 159:371
ББК 74Я5+88Я5

*Надруковано за рішенням вченої ради Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара
згідно з планом видань на 2015 р. (протокол № 6 від 18.12.2014 р.)*

До збірника увійшли статті, які вміщують нові матеріали, що стосуються широкого спектру питань геології, палеонтології, гідрогеології, інженерної геології, геоекології та географії. Значну увагу приділено проблемам георізноманіття і збереження геологічної спадщини, мінералогії і петрографії. Наведено матеріали з стратиграфії та палеонтології кайнозою Середнього Придніпров'я, Причорномор'я і Криму, гідрохімії підземних і поверхневих вод України, а також дані стосовно забруднення важкими металами територій промислових об'єктів. Розглянуто окремі аспекти географічної науки, питання оцінки ландшафтної різноманітності Середнього Придніпров'я.

The bulletin includes articles that contain new materials that cover a wide range of issues of geology, paleontology, hydrogeology, engineering geology, geoecology and geography. Special attention is paid to the problem geodiversity and preserve geological heritage, mineralogy and petrography. The materials of the Cenozoic stratigraphy and paleontology Middle Dnieper, Black Sea and Crimea hydrochemistry of groundwater and surface water Ukraine, as well as data on heavy metals pollution areas industrial objects. Are considered some aspects of geographic science, the assessment landscape diversity of the Middle Dnieper.

Редакційна колегія (Editorial Board)

Голова редакційної колегії:

Свєрашкіна Галина Петрівна - зав. каф. геології та гідрогеології, д-р геол. наук, проф.

Заступники голови редакційної колегії:

Andrzej Tomasz Solecki - Scientific Head of the team of WS Atkins-Polska Sp. z o.o. experts preparing the report on uranium metallogeny, Institute of Geological Sciences University of Wrocław, Poland, Wrocław University, market and prospects in Poland for the Polish Ministry of the Environment, Ph.D. in geology.

Шерстюк Наталія Петрівна – Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара, декан геолого-географічного ф-ту, д-р геогр. наук, проф.

Манюк Володимир Васильович – Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара, канд. геол.-мінер. наук, доц.

Науковий секретар редакційної колегії:

Манюк Володимир Васильович – Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара, канд. геол.-мінер. наук, доц.

Члени редакційної колегії:

Мокрицька Тетяна Петрівна – Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара, д-р геол. наук, проф.

Баранов Володимир Олександрович – Інститут геотехнічної механіки НАН України, зав. лаб. дослідж. структурних змін гірських порід, старш. наук. співроб., д-р геол. наук, проф. каф. геології і розвідки родовищ корисних копалин ДВНЗ «Національний гірничий університет»

Баранов Петро Миколайович – Національний гірничий університет України, д-р геол. наук, проф. кафедри загальної та структурної геології

Березовський Анатолій Анатолійович – Криворізький технічний університет, декан гірничо-збагачувального факультету, д-р геол. наук, проф.

Кроїк Ганна Аркадіївна – Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара, головний науковий співробітник НДІ геології ДНУ, д-р геол. наук, проф.

Приходченко Василь Федорович – Національний гірничий університет України, декан геологорозвідувального факультету, зав. каф. геології і розвідки родовищ корисних копалин, д-р геол. наук, проф.

Лур'є Анатолій Іонович – Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, д-р геол. наук, проф.

Ситніков Анатолій Борисович – Інститут геологічних наук НАН України, д-р геол.-мінер. наук, проф.

УДК 624.131.23; 624.131.537

Вплив потоків ґрунтових вод на зміну характеристик міцності лесового ґрунту

С.В. Біда, О.В. Куц

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, м. Полтава

Розглянуто проблему стійкості схилів – одну із найбільш актуальних на теперішній час. Доведено, що на достовірність оцінки стійкості схилу впливає точність визначення характеристик міцності ґрунту. З'ясовано, що одним із найпоширеніших є метод одноплосинного зрушення. Установлено, що обробка результатів випробування ґрунтів на зрушення в логарифмічних координатах дозволяє більш точно визначити показники їх міцності. Виявлено, що величина характеристик міцності ґрунту, одержаних за результатами випробувань на одноплосинне зрушення, залежить від вертикального тиску під час випробувань.

Ключові слова: схил, ґрунтові води, лесові ґрунти, міцність ґрунту.

The influence of groundwater flow effect on changes of loess soil strength characteristics

S.V. Bida, O. V. Kuts

Yuri Kondratyuk Poltava National Technical University

The problem of stability of slopes - one of the most topical at present. It is proved that the reliability of the slope stability assessment affects the accuracy of the strength characteristics of the soil. One of the most common methods is one-plane shifts method. Established that processing of results of soil shift test in logarithmic coordinates can more accurately identify indicators of strength. Discovered that the magnitude of the strength characteristics of soil test results which is obtained on one plane shift depends on the vertical pressure during testing.

Key words: slopes, groundwater, loess soils, soil strength.

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, просп. Першотравневий, 24, м. Полтава, 36011, Україна.

Yuri Kondratyuk Poltava National Technical University, pr. Pershotravnevyyi, 24, Poltava, 36011, Ukraine.
Tel.: (05322)738-57. E-mail: svbeda@rambler.ru

Вступ. У ході виконання практичних завдань, пов'язаних зі стійкістю ґрунтового масиву, основну увагу необхідно приділяти правильному визначенню механічних характеристик ґрунтів. Лише в цьому випадку можна правильно визначити максимальне допустиме навантаження на масив ґрунту, за якого він зберігатиме рівновагу та не втратить стійкість. Порушення рівноваги масиву ґрунту може призвести до значних деформацій фундаментів будівель і споруд, випирання ґрунту з-під фундаментів, сповзання ґрунтів по схилу тощо [5; 13; 20].

Досить цікава ситуація склалася в період інтенсивного розвитку зсувних процесів в Україні в кінці 90-х рр. минулого століття. За розрахунками, виконаними на основі результатів інженерно-геологічних вишукувань, здебільшого схили були стійкі (коефіцієнт стійкості знаходився в межах 1,2 – 1,5 і вище), але насправді на схилах інтенсивно відбувалися зсувні явища. Постало питання відповідності розрахункових характеристик дійсним.

Проблема розрахунку достовірних характеристик міцності ґрунтів під час визначення стійкості схилів досить актуальна. Діючі нормативні документи [7; 8] регламентують визначення характеристик міцності ґрунту в польових і лабораторних умовах. Для цього здійснюють випробування ґрунтів як на одноплосинне зрушення, так і за складного напруженого стану, а також застосовують метод обертального зрізу тощо [22]. Однак найбільш актуальною залишається проблема відповідності умов проведення дослідів умовам, у яких ґрунт перебуває в природному стані.

Згідно із нормами регламентовано проведення випробувань на зрушення за двома схемами – консолідовано-дренованою та неконсолідовано-недренованою. Перед випробуваннями ґрунти попередньо ущільнюють за різних значень вертикального тиску. Залежно від схеми випробування і стану ґрунту значення тиску коливаються в межах 0,05 – 0,30 МПа. Однак вони часто перевищують природний тиск на ґрунт, що призводить до ущільнення ґрунту й одержання завищених результатів. Таким чином, після попереднього ущільнення ґрунт, який у природному стані набував в'язкої консистенції в разі намочання, може набути лише пліннопластичного стану (а в деяких випадках – лише м'якопластичного). Отже, ми свідомо зміцнюємо ґрунт перед випробуванням вертикальним навантаженням, яке перевищує природне.

У той же час у разі застосування неконсолідовано-недренованої схеми випробувань їх тривалість не повинна перевищувати двох хвилин. Випробування вважають закінченими, якщо у випадку прикладання чергового дотичного навантаження відбувається миттєвий зріз (зрив) однієї частини зразка по відношенню до іншої або загальна деформація зрізу буде перевищувати 5 мм. Якщо для консолідовано-дренованої схеми випробування така умова цілком прийнятна, то прискорені випробування за іншою схемою дають завищені результати, оскільки під час випробувань немає стабілізації деформацій.

Денисов [6], Маслов [20] та інші виділили із загального зчеплення, яке визначає міцність ґрунту, два складники – структурне зчеплення та зчеплення зв'язності. Міцність лесових порід зумовлена впливом обох видів зчеплення, однак їх значення різне. Основним є структурне зчеплення. Структурне зчеплення надає породі певну жорсткість, твердість. Наявністю цього виду зчеплення можна пояснити деякі жорсткі зв'язки, які діють між частинками. Структурні зв'язки мають здебільшого пружний характер, який визначає ступінь деформування порід

та їх щільність. Однак у разі порушення структури породи чи ґрунту жорсткі структурні зв'язки порушуються. Ця властивість структурного зчеплення – головна. Зчеплення зв'язності властиве глинистим і лесовим породам будь-якої консистенції, в основному воно визначає їх міцність. Зчеплення зв'язності має трохи інший характер, ніж структурне зчеплення. У лесових супісках і легких суглинках зв'язність має невелике значення і залежить від щільності ґрунту. У разі визначення характеристик міцності ґрунтів на зсувних і зсувонебезпечних схилах необхідно розробити метод обробки результатів випробування ґрунтів на зрушення, за допомогою якого можна було б визначити обидва складники зчеплення.

Одна з основних причин появи зсувів – вихід ґрунтових вод на схил, особливо за наявності улоговини на поверхні водотривкого шару [2; 17]. У місці виходу вод відбувається перезволоження ґрунту, розвивається механічна і хімічна суфозія що, у свою чергу, призводить до зменшення значень характеристик міцності лесового ґрунту.

Численні дослідження лесового ґрунту свідчать, що після зволоження його міцність різко зменшується. Так, за даними Зарецького [24], кут внутрішнього тертя знижується на $3 - 5^\circ$, а зчеплення зменшується в $3 - 5$ разів. Аналогічні цифри одержані Абелевим [1]: для лесових ґрунтів Грозного величина зменшення кута внутрішнього тертя становить $3 - 5^\circ$, а зчеплення зменшується у $4 - 5$ разів. Цю тенденцію підтверджують дослідження Гільмана [10], Клепікова [12], Яковлева [23] (відбувається зменшення питомого зчеплення c у $1,7 - 2$ рази, кута внутрішнього тертя φ – у $1,1 - 1,2$ разу), Сергєєва [19] (c зменшується у 2 рази), Коновалова [14] (c – у 3 рази, φ – у 2 рази). Внаслідок цього лесові основи, що мали достатньо високу первинну несучу здатність за природної вологості, значно втрачають міцність після досягнення коефіцієнта водонасичення $S_r = 0,8$ [14]. Причому втрата міцності відбувається і у випадку просідання ґрунтів, що призводить до їх ущільнення. Однак відповідно до діючих будівельних норм ми проводили випробування замоченого протягом незначного часу ґрунту і не враховували вплив потоку ґрунтових вод на нього, що також може призвести до помилок під час визначення стійкості схилу.

Суть роботи. Для підвищення точності розрахунків стійкості зсувонебезпечних схилів необхідно, по-перше, удосконалити метод обробки результатів випробувань для визначення характеристик міцності ґрунту з урахуванням можливості проведення випробувань як за консолідовано-дренованою, так і за неконсолідовано-недренованою схемою і визначення усіх складових частин зчеплення. По-друге, виявити характер впливу ґрунтового потоку на зміну характеристик міцності ґрунту та встановити залежність величини характеристик від тривалості дії ґрунтового потоку й напірного градієнта.

Матеріал і методи досліджень. Процес деформування ґрунту детально був розглянутий Герсєвановим [9], який на основі експериментальних даних запропонував таку залежність деформацій від дотичних напружень:

$$\ell = \alpha \tau^k, \quad (1)$$

де ℓ – деформація в результаті зрушення; τ – дотичні напруження; α і k – коефіцієнти, що визначають дослідним шляхом і залежать від схеми випробувань і властивостей ґрунту. Графік залежності дотичних напружень τ від деформацій ΔL наведено на рис. 1.

У результаті аналізу процесу зрушення за постійних нормальних напружень можна виділити декілька фаз розвитку деформацій. Спочатку, за малих значень дотичних напружень, наростання деформацій відбувається повільно і пропорційно зміні дотичних напружень. Зумовлено це тим, що значення напружень не перевищують міцності структурних зв'язків у ґрунті, вони не руйнуються, а їх деформування пружне. Однак після досягнення дотичними напруженнями критичного значення крім ущільнення в ґрунті починають розвиватися локальні зрушення. Спочатку вони виникають лише в окремих зонах, де величина дотичних напружень перевищує міцність зв'язків між частинками, але зі збільшенням дотичного навантаження поширюються на все більші області, із часом з'єднуються і утворюють поверхню зрушення; залежність між напруженнями та деформаціями стає криволінійною. Після утворення загальної поверхні ковзання ґрунт втрачає несучу здатність.

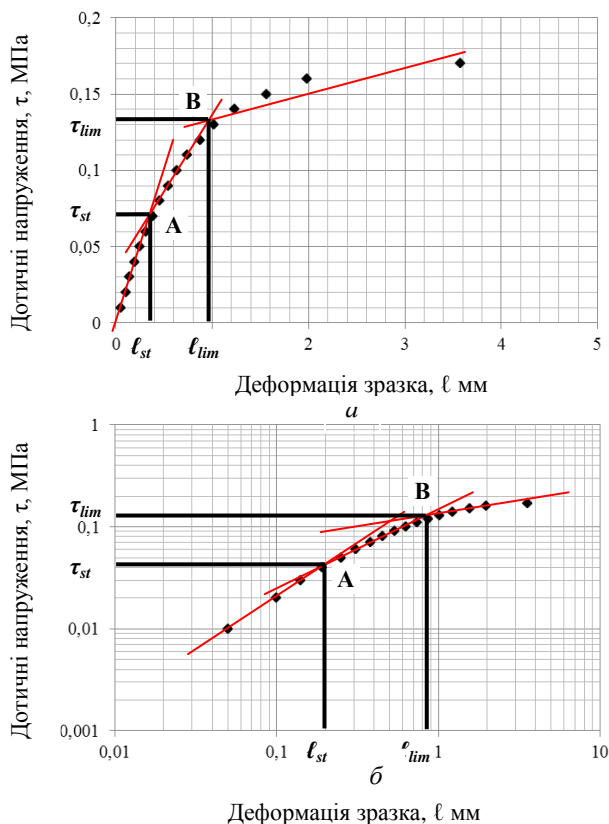


Рис. 1. Графіки залежностей деформацій l від дотичних напружень τ у лінійних (а) та логарифмічних (б) координатах:

A, B – межі між фазами деформування; l_{st} , τ_{st} , l_{lim} , τ_{lim} – відповідно деформації та дотичні напруження, за яких руйнуються структурні й загальні зв'язки

Таким чином, стан ґрунту в ході випробування на зрушення можна поділити на три фази: 1) ущільнення; 2) утворення та розвиток локальних зрушень; 3) пластичне деформування [15].

На графіку залежності дотичних напружень від деформацій ці три фази можна умовно позначити трьома прямими лініями (рис. 1, *a*). Дотичні напруження, які відповідають точкам розмежування фаз, називають критичними опорами (точки *A* і *B* на графіках). У першій фазі залежність між дотичними напруженнями та деформаціями має лінійний характер, який порушується у другій фазі, тому дотичні напруження, що відповідають межі між першою і другою фазами (перший критичний тиск), називають межею пропорційності. Вони характеризують опір ґрунту, за якого руйнуються його структурні зв'язки, і мають назву структурного опору ґрунту τ_{st} .

Другий критичний опір τ_{lim} називають межею міцності, він відповідає межі між другою та третьою фазами, тобто фазою локальних зрушень і фазою пластичних деформацій.

У ході обробки результатів дослідів у лінійних координатах «дотичні напруження – деформації» дуже часто стикаються з труднощами під час виділення фаз, особливо це стосується переходу від другої до третьої фази. Однак оскільки деформації ґрунту в кожній фазі мають свої особливості, то коефіцієнти α і k у рівнянні (1) будуть різні. Для їх визначення прологарифмуємо рівняння 1 і одержимо залежність

$$\lg \ell = \lg \alpha + k \lg \tau. \quad (2)$$

Таким чином, подавши залежність між дотичними напруженнями і деформаціями в логарифмічних координатах, матимемо графік, на якому значно легше виділити три лінійні ділянки, що відповідають фазам ущільнення, локальних зрушень та пластичних деформацій (рис. 1, *б*).

Для визначення характеристик міцності ґрунту під час розрахунку стійкості схилу досить часто застосовують зрушення, яке проводять за неконсолідовано-недренованою схемою (так зване «швидке зрушення»). У такому випадку тривалість випробування суттєво скорочується, а тривалість витримки одного ступеня навантаження може варіюватися. Для визначення можливості застосування наведеної обробки результатів зрушення було проведено лабораторні випробування зразків однорідних ґрунтів із різним терміном витримки ступеня горизонтального навантаження. У контрольних серіях випробування проводили згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.1-4-96, а в інших – за допомогою обробки результатів у логарифмічних координатах. Порівняння результатів випробувань дозволяє зробити висновок, що значення характеристик міцності ґрунту, одержані з допомогою питомого опору τ_{lim} , не залежать від часу витримки кожного ступеня й відповідають характеристикам міцності, визначеним за ДСТУ Б В.2.1-4-96 за тривалої витримки.

Методику визначення структурних характеристик міцності за величинами питомого опору τ_{st} називають методом структурного зчеплення, а таку ж методику із застосуванням τ_{lim} – методом довготривалого зчеплення.

Таким чином, характеристики міцності досліджуваного ґрунту визначали за результатами випробувань на одноплощинне зрушення з подальшою їх обробкою у логарифмічних координатах для визначення характеристик міцності ґрунту за методами структурного та довготривалого зчеплення. У процесі випробувань зразки кожної серії ділили на дві групи. Для однієї групи зразків зрушення проводили за вертикального тиску, що не перевищував природний (за вертикальних тисків 0,025, 0,05 і 0,075 МПа), а для іншої – згідно з вимогами ДСТУ (відповідно за вертикальних тисків 0,1, 0,2 і 0,3 МПа). Величину ступеня прикла-

дання навантаження брали із урахуванням зручності виявлення характерних точок, що відповідають τ_{st} та τ_{lim} , однак вони не перевищували 1/10 значення нормального тиску. Тривалість витримки кожного ступеня – 1 хв. Застосування такого підходу дозволяє здійснити випробування з необхідною точністю та забезпечити однакові умови для усієї серії зразків.

Особливий вплив на міцність лесових ґрунтів мають ґрунтові води. Шукаючи вихід, ґрунтові води часто рухаються по улоговинам. Під впливом цих потоків у ґрунтах спочатку відбувається фільтрація води, у разі збільшення градієнта – суфозія, а у випадках подальшого збільшення градієнта ґрунт розріджується і переходить у плинний стан.

Для вивчення зміни фізико-механічних властивостей ґрунтів улоговин під дією ґрунтових вод у лабораторних умовах було проведено низку випробувань. Було відібрано зразки лесового суглинку з території зсуву на Інститутській горі в Полтаві. Зразки ґрунту відбирали в кільця з площею поперечного перерізу $A=40 \text{ см}^2$ та висотою $h_0=35 \text{ мм}$. Після відбору зразків ґрунту у шурфі визначали його фізичні характеристики. Для дослідження впливу фільтрації води кільце з ґрунтом поміщали у склянку і зазор між стінкою склянки та кільцем герметизували. На кільце одягали спеціальні герметичні прокладки, які щільно прилягали до зовнішнього боку кільця та стінок склянки. Схему даного приладу наведено нижче (рис. 2).

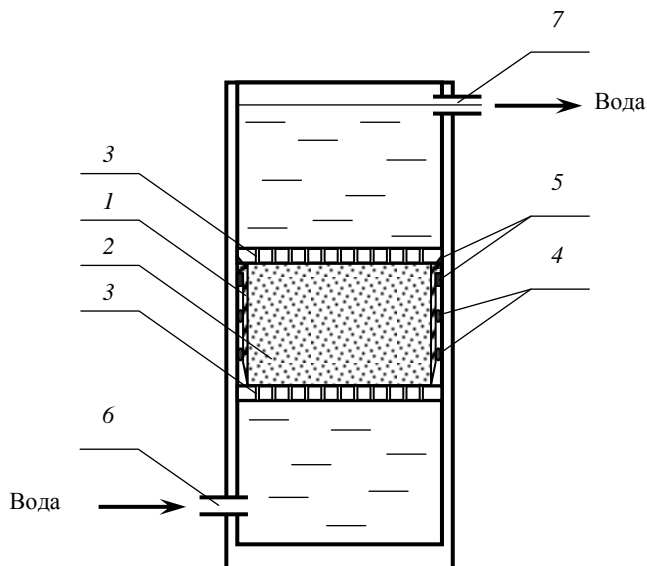


Рис. 2. Схема установки для випробування ґрунту на тривалу дію фільтраційного потоку води:

1 – металеве кільце; 2 – зразок ґрунту; 3 – дірчаті штампи; 4 – герметизуючі прокладки; 5 – герметик (епоксидна смола); 6 – отвір для подачі води; 7 – отвір для відведення води

Для вивчення впливу потоку ґрунтових вод на зміни характеристик ґрунту сконструйовано прилад (рис. 3). Через відібрані зразки ґрунту пропускали воду знизу вгору за різних значень напірного градієнта. Гідравлічний, або напірний, гра-

дієнт визначали як відношення різниці рівнів води до і після проходження через зразок до висоти зразка.

Для забезпечення тривалої фільтрації води необхідний запас води зберігали в посудині 1 (рис.3). Постійність напірного градієнта забезпечували підтриманням рівня води в посудині 2 за допомогою поплавцевого клапана 3. Безпосередньо з посудини 2 вода потрапляла в нижню частину приладів для випробування ґрунту на тривалу дію фільтраційного потоку води 4. Після фільтрації через зразок ґрунту 5 вода вільно витікала через отвір 6 у верхній частині приладу. Посудини та прилади для випробування зразків було з'єднано між собою гнучкими трубками для забезпечення постійної фільтрації води за сталого значення напірного градієнта.

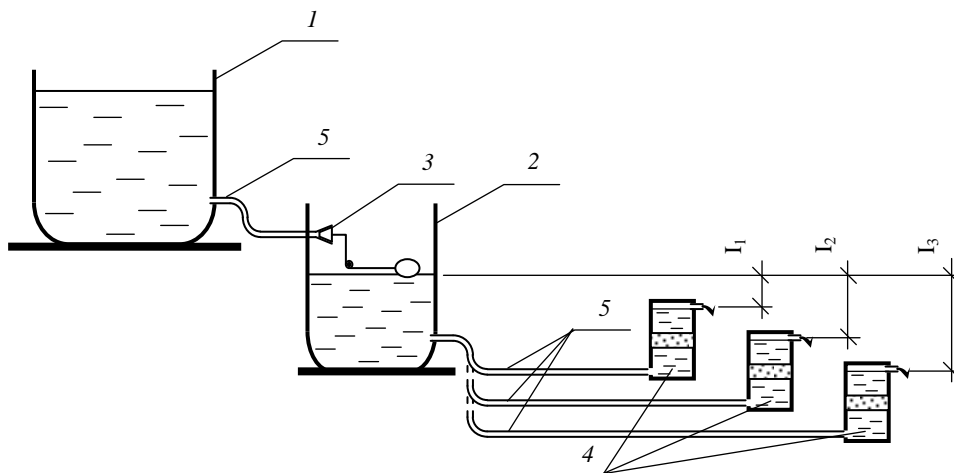


Рис. 3. Схема приладу для визначення впливу фільтраційного потоку на характеристики ґрунту:

1 – бак із водою; 2 – посудина із водою для підтримання постійного напірного градієнта; 3 – клапан поплавцевого типу; 4 – склянка зі зразком ґрунту; 5 – з'єднувальні трубки

Для вивчення впливу напірного градієнта випробовували кілька груп зразків ґрунту, відібраного з одного і того ж зсувного схилу. Випробування кожної групи проводили за різних напірних градієнтів, що мали значення 1, 3 та 5. Високі значення градієнтів обирали для прискорення проведення випробувань у лабораторних умовах. У кожній групі зразки було поділено на серії. Тривалість витримки кожної серії зразків за постійного значення напірного градієнта варіювали в межах від 3 до 18 міс., після чого зразки використовували для визначення механічних характеристик ґрунтів у приладі одноплосинного зрушення.

Для вивчення впливу фільтраційних потоків ґрунтових вод на зміну характеристик ґрунту провели випробування лесового суглинку, відібраного з території зсувонебезпечного схилу на Інститутській горі в Полтаві. У природному стані ґрунт має такі характеристики: щільність ґрунту $\rho=1,595 \text{ т/м}^3$; вологість – $W=0,16$; вологість на межі пластичності – $W_p=0,20$; вологість на межі плинності – $W_L=0,31$; щільність скелета ґрунту – $\rho_d=1,375 \text{ т/м}^3$; коефіцієнт водонасичення – $S_r=0,451$.

Для випробувань відібрали декілька серій зразків, які випробовували за методом одноплосинного зрушення у приладі ПСГ-2М. Кожну серію було поділено на дві частини. Половину зразків використано для визначення характеристик міцності ґрунту за вертикальних тисків відповідно із нормами (за $\sigma=0,1$ МПа, $\sigma=0,2$ МПа та $\sigma=0,3$ МПа). Інші зразки зрушували за вертикальних тисків, значення яких не перевищували природного тиску (за $\sigma=0,025$ МПа, $\sigma=0,05$ МПа та $\sigma=0,075$ МПа). Випробування проводили із застосуванням методу швидкого зрушення. Для визначення характеристик міцності за методом структурного зчеплення ступінь навантаження брали мінімальним. Результати обробляли в логарифмічних координатах.

У першій серії випробовували ґрунт природної вологості. Характерна особливість результатів випробувань такого ґрунту – тривала перша фаза. Водночас третя фаза зрушення проходила дуже різко і виділити її на графіку практично неможливо. Фактично випробувань ґрунту природного стану значення τ_{lim} дорівнювало значенню, яке визначають згідно із нормами (уразі горизонтальної деформації 5 мм). Приклади обробки результатів випробування зразків ґрунту природної вологості подано нижче (рис. 4 – 5).

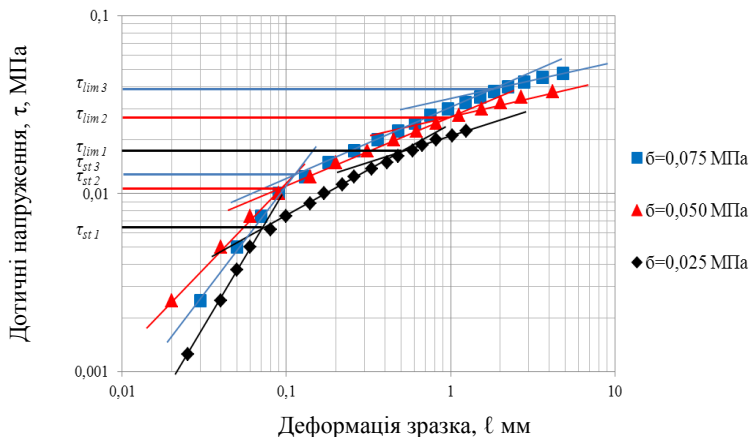


Рис. 4. Результати випробувань водонасиченого ґрунту за $\sigma < \sigma_{cr}$

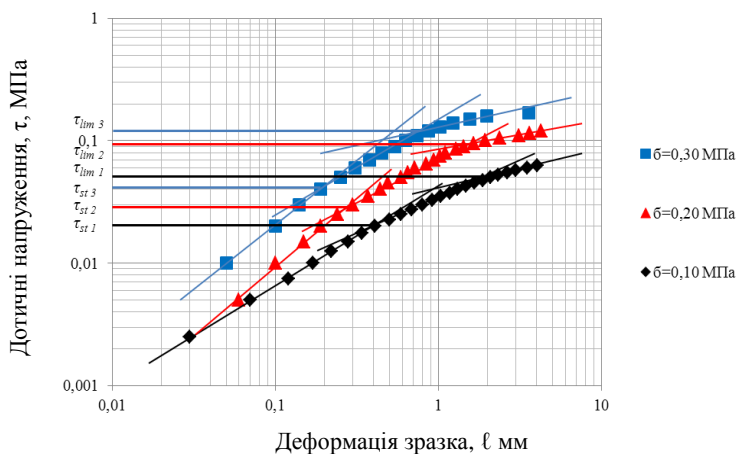


Рис. 5. Результати випробувань водонасиченого ґрунту за $\sigma > \sigma_{cr}$

Насичення ґрунту водою обумовлювало різке зниження значень як τ_{st} , так і τ_{lim} (рис. 4 – 5). Одночасно зафіксовано появу третьої фази. Це пов'язано з розклинювальною дією води, яка значно послаблює зв'язки між частинками ґрунту.

Наступні серії зразків піддавали дії фільтраційного потоку води зі значенням напірного градієнта 1, 3 і 5. Перші випробування було проведено після 90 діб витримки зразків.

У разі підвищення напірного градієнта до значень 3 і 5 проведення випробувань можливе лише за вертикального тиску, що не перевищує природний, оскільки ґрунт переходить у плинний стан і проведення подальших випробувань за високого вертикального навантаження неможливе.

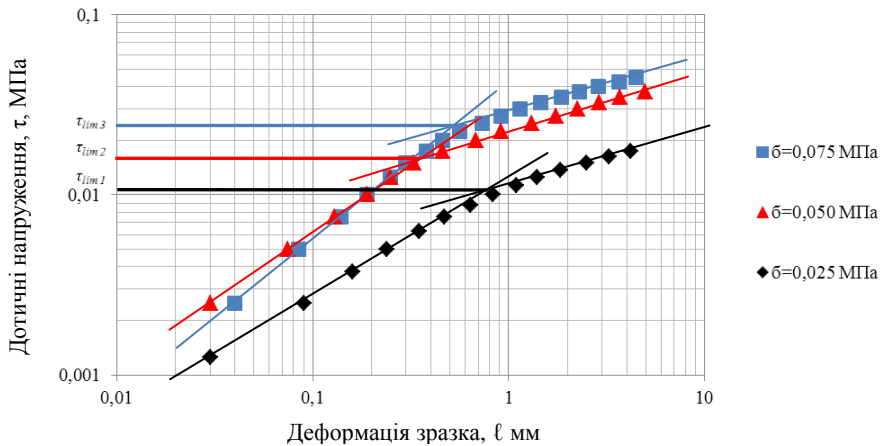


Рис. 6. Результати випробувань ґрунту після фільтрації з напірним градієнтом $I=1$ протягом 540 діб за $\sigma < \sigma_{пр}$

У подальшому зразки ґрунту, які були піддані фільтрації протягом визначеного періоду, втратили межу між першою та другою фазами. Фактично тривала фільтрація призвела до втрати структурних зв'язків.

Результати випробування зразків ґрунту на зрушення з більш тривалою витримкою (1,5 року – 540 діб) із напірним градієнтом 1 підтвердили відсутність структурного зчеплення та дали змогу зробити висновок про подальше зменшення довготривалого зчеплення (рис. 6).

Особливо слід відзначити, що зразки, які витримували 180 діб і більше за напірного градієнта $I = 1$, не можна використовувати для випробувань на зрушення за вертикального тиску, більшого за природний, оскільки ґрунт перейшов у плинний стан.

Результати визначення критичних дотичних напружень і характеристик міцності лесового ґрунту подано в табл. 1 – 2.

Аналізуючи результати випробувань, можна виділити декілька характерних моментів. По-перше, обробивши результати випробувань на швидке зрушення відповідно до діючих нормативних документів, ми одержимо значно завищені значення характеристик міцності лесового ґрунту. По-друге, характеристики, одержані в результаті випробувань за вертикальних тисків, що перевищують значення природного тиску, також завищені порівняно зі значеннями характеристик, одержаних за тисків, менших за природний.

Таблиця 1

Результати визначення критичних дотичних напружень

Дотичне напруження τ , МПа	Нормальне напруження σ , МПа					
	$\sigma < \sigma_{пр}$					
	0,025	0,050	0,075	0,10	0,20	0,30
Грунт природної вологості						
Метод структурного зчеплення	0,0200	0,025	0,030	0,045	0,065	0,090
	0,0175	0,025	0,035	0,050	0,060	0,100
Метод довготривалого зчеплення	0,0425	0,055	0,075	0,0825	0,170	0,2125
	0,0475	0,060	0,085	0,0975	0,160	0,2250
За ДСТУ Б В.2.1-4-96	0,0425	0,055	0,075	0,0825	0,170	0,2125
	0,0475	0,060	0,085	0,0975	0,160	0,2250
Водонасичений грунт						
Метод структурного зчеплення	0,0063	0,009	0,0125	0,0175	0,025	0,035
	0,0075	0,010	0,0150	0,0200	0,025	0,035
Дотичне напруження τ , МПа	Нормальне напруження σ , МПа					
	$\sigma < \sigma_{пр}$			$\sigma < \sigma_{пр}$		
	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
1	2	3	4	5	6	7
Метод довготривалого зчеплення	0,0200	0,030	0,0425	0,0525	0,095	0,120
	0,0225	0,0325	0,0475	0,055	0,090	0,130
За ДСТУ Б В.2.1-4-96	0,0255	0,035	0,0475	0,0625	0,120	0,17
	0,0263	0,0375	0,0500	0,0625	0,12	0,17
Грунт після фільтрації протягом 90 діб із напірним градієнтом I=1						
Метод структурного зчеплення	0,005	0,0085	0,012	0,0175	0,028	0,037
	0,005	0,0080	0,0115	0,0175	0,027	0,039
Метод довготривалого зчеплення	0,017	0,028	0,036	0,048	0,085	0,1275
	0,017	0,027	0,037	0,050	0,090	0,1250
За ДСТУ Б В.2.1-4-96	0,0213	0,0363	0,0475	0,0625	0,0115	0,1575
	0,0210	0,0350	0,0475	0,0600	0,115	0,1625
Грунт після фільтрації протягом 90 діб із напірним градієнтом I=3						
Метод структурного зчеплення	0,0038	0,0052	0,007	-	-	-
	0,0035	0,0055	0,007	-	-	-
Метод довготривалого зчеплення	0,015	0,022	0,028	-	-	-
	0,014	0,022	0,029	-	-	-
За ДСТУ Б В.2.1-4-96	0,0213	0,0325	0,05	-	-	-
	0,0210	0,035	0,05	-	-	-
Грунт після фільтрації протягом 90 діб із напірним градієнтом I=5						
Метод структурного зчеплення	0,003	0,0037	0,005	-	-	-
	0,0028	0,0037	0,0045	-	-	-
Метод довготривалого зчеплення	0,014	0,022	0,028	-	-	-
	0,014	0,021	0,027	-	-	-
За ДСТУ Б В.2.1-4-96	0,0213	0,0375	0,050	-	-	-
	0,020	0,035	0,050	-	-	-
Грунт після фільтрації протягом 180 діб із напірним градієнтом I=1						
Метод структурного зчеплення	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
Метод довготривалого зчеплення	0,013	0,024	0,03	-	-	-
	0,012	0,022	0,03	-	-	-
За ДСТУ Б В.2.1-4-96	0,0188	0,0363	0,0475	-	-	-
	0,0175	0,0338	0,0475	-	-	-
Грунт після фільтрації протягом 540 діб із напірним градієнтом I=1						
Метод структурного зчеплення	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
Метод довготривалого зчеплення	0,0115	0,0175	0,0250	-	-	-
	0,0105	0,0165	0,0235	-	-	-
За ДСТУ Б В.2.1-4-96	0,0175	0,0338	0,0463	-	-	-
	0,0175	0,0350	0,0475	-	-	-

Таблиця 2

Результати визначення характеристик міцності лесового ґрунту

Метод визначення	Характеристика міцності			
	за $\sigma < \sigma_{пр}$		за $\sigma > \sigma_{пр}$	
	ϕ , град	c , кПа	ϕ , град	c , кПа
Ґрунт природної вологості				
Метод структурного зчеплення	15	11,7	13	20,8
Метод довготривалого зчеплення	35	25,8	33	29,2
За ДСТУ Б В.2.1-4-96	35	25,8	33	29,2
Водонасичений ґрунт				
Метод структурного зчеплення	8	3,2	5	10,0
Метод довготривалого зчеплення	25	8,7	20	19,2
За ДСТУ Б В.2.1-4-96	25	14,1	28	11,7
Ґрунт після фільтрації протягом 90 діб із напірним градієнтом I=1				
Метод структурного зчеплення	8	1,6	6	7,2
Метод довготривалого зчеплення	21	7,5	21	10,3
За ДСТУ Б В.2.1-4-96	28	8,4	26	13,3
Метод визначення	Характеристика міцності			
	за $\sigma < \sigma_{пр}$		за $\sigma < \sigma_{пр}$	
	ϕ , град	c , кПа	ϕ , град	c , кПа
Ґрунт після фільтрації протягом 90 діб із напірним градієнтом I=3				
Метод структурного зчеплення	4	2,0		
Метод довготривалого зчеплення	16	7,7		
За ДСТУ Б В.2.1-4-96	30	6,1		
Ґрунт після фільтрації протягом 90 діб із напірним градієнтом I=5				
Метод структурного зчеплення	2	1,9		
Метод довготривалого зчеплення	15	7,5		
За ДСТУ Б В.2.1-4-96	30	6,2		
Ґрунт після фільтрації протягом 180 діб із напірним градієнтом I=1				
Метод структурного зчеплення				
Метод довготривалого зчеплення	19	4,3		
За ДСТУ Б В.2.1-4-96	30	4,2		
Ґрунт після фільтрації протягом 540 діб із напірним градієнтом I=1				
Метод структурного зчеплення				
Метод довготривалого зчеплення	15	4,2		
За ДСТУ Б В.2.1-4-96	30	3,5		

Тривала дія фільтраційного потоку води також призводить до зменшення критичних дотичних напружень, визначених за методом довготривалого зчеплення. У графічному вигляді залежності наведено на рис. 7.

Залежності мають лінійний характер і можуть бути апроксимовані рівняннями вигляду $\tau = At + B$:

$$\text{для } \sigma = 0,025 \text{ МПа } \tau = -0,00001205t + 0,0165 \quad (R=0,933). \quad (3)$$

$$\text{для } \sigma = 0,050 \text{ МПа } \tau = -0,00001665t + 0,0245 \quad (R=0,973). \quad (4)$$

$$\text{для } \sigma = 0,075 \text{ МПа } \tau = -0,00002237t + 0,0331 \quad (R=0,979). \quad (5)$$

У ході порівняння цих залежностей можна чітко прослідкувати їх подібність, тому для виявлення загальної залежності $\tau = f(\sigma, t)$ було вирішено застосувати багатофакторний аналіз, а саме двофакторний.

Для обробки вибрано дані, подані нижче (табл. 3).

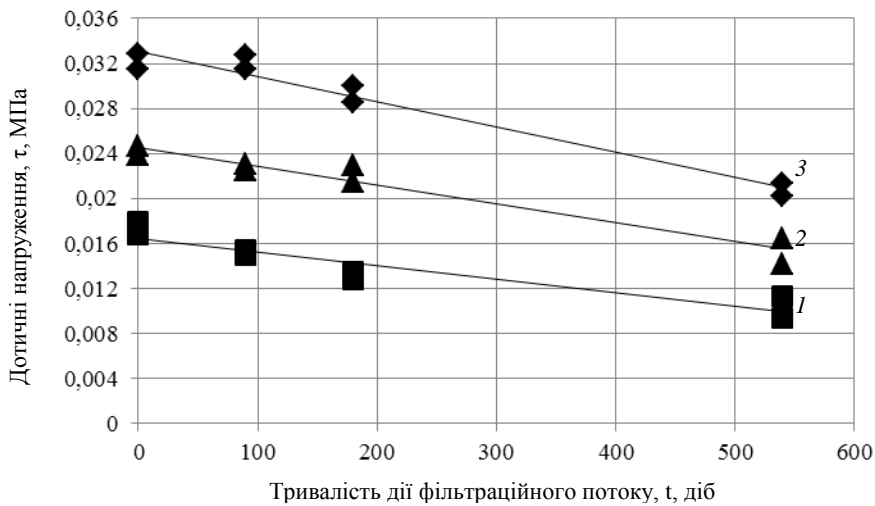


Рис. 7. Залежності критичних дотичних напружень від тривалості дії фільтраційного потоку за різних значень нормальних напружень:
1 – 0,025МПа; 2 – 0,050 МПа; 3 – 0,075 МПа

Таблиця 3

Значення граничних дотичних напружень за різних вертикальних тисків і тривалості фільтрації води

Тривалість фільтрації, t, діб	Вертикальний тиск, σ, МПа		
	0,025	0,050	0,075
0	0,0168	0,0239	0,0315
0	0,0179	0,0247	0,0328
90	0,0154	0,0225	0,0327
90	0,0150	0,023	0,0315
180	0,0135	0,0229	0,0285
180	0,0128	0,0215	0,0300
540	0,0113	0,0142	0,0214
540	0,0094	0,0165	0,0202

Обробивши дані, ми одержали залежність

$$\tau = 0,29125 \sigma - 0,000017 \cdot t/t_0 + 0,01013, \quad (6)$$

де t_0 – елементарний відрізок часу; $t_0=1$ доба.

Статистичні параметри – коефіцієнт багатофакторної кореляції $R=0,982$ та критерій Фішера $F=28,25$ (табличне значення $F=2,18$).

Таким чином, можна зробити висновок про встановлення функціональної залежності критичних дотичних напружень від тривалості дії фільтраційного потоку та нормального тиску під час проведення випробувань на зрушення.

Висновки. Метод обробки результатів випробувань ґрунту на одноплощинне зрушення в логарифмічних координатах дозволяє точно визначити величину структурного c_{st} та довготривалого (повного) c_{lim} зчеплення, причому визначення цих характеристик за такого способу обробки не залежить від тривалості витримки ступеня навантаження.

Виявлено, що величина характеристик міцності ґрунту, одержаних за результатами випробувань на одноплощинне зрушення, залежить від вертикального тиску у процесі випробувань. Визначення характеристик міцності лесового ґрунту рекомендовано здійснювати за вертикальних тисків, які не перевищують природний, оскільки в іншому разі ми одержимо завищені значення.

Тривалий вплив фільтраційного потоку води на зразки лесового ґрунту призводить до переходу його у плинний стан, за якого визначення механічних характеристик ґрунту за нормального тиску, що перевищує значення природного, практично неможливе. Результати випробувань у випадку меншого тиску дозволяють також зробити висновок про повну втрату лесовим ґрунтом структурної міцності.

Знаючи аналітичну залежність критичних дотичних напружень від тривалості дії фільтраційного потоку, можна спрогнозувати зменшення характеристик міцності лесового ґрунту в часі й забезпечити експлуатацію будівель і споруд чи стійкість схилу.

Бібліографічні посилання

1. **Abelev, Y. M.** Osnovy proektirovaniya i stroitel'stva na prosadochnykh makroporistykh gruntah [Text]: edition / Y. M. Abelev, M. Y. Abelev. – M.: Stroyizdat, 1979. – 271 p.
2. **Bida, S. V.** Pidtoplennja Poltavi ta jogo vpliv na rozvitok zsvunih procesiv. Budivel'ni konstrukcii [Text]: scientific and technical collection / S. V. Bida, Y. J. Velikodniy. – K.: DP NIISK, 2004. – P. 275 – 278.
3. **Bida, S. V.** Osoblivosti viniknennja ta rozvitku zsvunih procesiv na shilah, skladenih лесовими відкладками [Text]: bulletin of the DNU. Geology, Geography / S. V. Bida, O. V. Kuts, K. V. Pidriyko. – D., 2014. – P. 162-167.
4. **Bida, S. V.** Klasyfikacija ulogovyn Poltavs'kogo лесового plato. Resursoekonomni materialy, konstrukcii, budivli ta sporudy [Text]: scientific works / S. V. Bida, Y. J. Velikodniy, A. M. Yagolnik. – Rivne, 2009. – P. 548 – 553.
5. **Demchishin, M. G.** Sovremennaja dinamika sklonov na territorii Ukrainy (inzhenerno-geologicheskie aspekty) [Text]: scientific works / M. G. Demchishin. – K.: Nauk. Dumka, 1992. – 251 p.
6. **Denisov, N. Y.** Stroitel'nye svojstva lessa i lessovidnyh suglinkov [Text] / N. Y. Denisov. – M.: Stroyizdat, 1953. – 253 p.
7. DSTU B V. 2.1-4-96. Trunti. Metodi laboratornogo viznachennja harakteristik micnosti i reformovanosti [Text]. – K.: MNTKS, 1997. – 55 p.
8. DSTU B V. 2.1-7-2000. Trunti. Metodi pol'ovogo viznachennja harakteristik micnosti i deformativnosti [Text]. – K.: MNTKS, 2001. – 54 p.
9. **Gersevanov, N. M.** Teoreticheskie osnovy mehaniki gruntov i ih prakticheskoe primenenie [Text] / N. M. Gersevanov, D. E. Polshyn. – M.: Stroyizdat, 1948. – 248 p.
10. **Gilman, J. D.** Osnovaniya i fundamenti na lessovykh prosadochnykh gruntah [Text] / J. D. Gilman. – Rostov n/D: RISI, 1991. – 217 p.
11. Inzhenerna geologija. Mehanika g'runtiv, osnovy i fundamenti [Text]: pidruchnyk / M. L. Zotsenko [et al.]. – Poltava: PNTU, 2004. – 568 p.
12. **Klepikov, S. N.** Raschet sooruzhenij na deformiruемом osnovanii [Text] / S. N. K2lepikov. – K.: NIISK, 1996. – 103 p.
13. **Kraev, V. F.** Inzhenerno-geologicheskaja harakteristika porod lessovoj formacii Ukrainy [Text] / V. F. Kraev. – K.: Nauk. Dumka, 1971. – 228 p.
14. **Konovalov, P. A.** Osnovaniya i fundamenti rekonstruiruemyh zdaniy [Text] / P. A. Konovalov. – M.: VNIINTPI, 2000. – 320 p.

15. **Luchkyn, M. A.** Issledovanie svojstv glinistyh gruntov dlja geotehnicheskogo modelirovanija osnovanij. Osnovanija i fundamenty [Text] / M. A. Luchkyn, V. M. Ulytsky. – M.: Stroyizdat, 2006. – P. 7 – 9.
16. **Maslov, N. N.** Osnovy inzhenernoj geologii i mehaniki gruntov [Text] / N. N. Maslov. – M.: Higher School, 1982. – 511 p.
17. Osoblivosti ocinjuvannja stijkosti shiliv Poltavskogo lesovogo plato. Budivel'ni konstrukcii [Text]: scientific and technical collection / M. L. Zotsenko, Y. J. Velikodnij, O. V. Bort, S. V. Bida. – K.: NDIBK, 2008. – № 71(2). – P. 178 – 189.
18. Osoblivosti rozvantazhennja rruntovih vod Poltavskogo plato [Text]: mater. 2-ï mizhnar. nauk.-prakt. konf. / Y. J. Velikodnij [et al.]. – K.: Znannja, 2003. – P. 53 – 56.
19. **Sergeev, E. M.** Gruntovedenie [Text] / E. M. Sergeev. – M.: Izdat. Mosk. Univ., 1959. – 387 p.
20. **Velikodnij, Y. I.** Zahyst terytorij vid zsuiviv [Text]: navchal'n. Posib. / Y. I. Velikodnij. – P.: LLC «Printing Center» Skaytek, 2006. – 387 p.
21. **Velikodnij, Y. I.** Lozhbiny opolznevyh sklonov Poltavskogo plato i ih raznovidnosti. Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie [Text]: collection of scientific papers / Y. I. Velikodnij, S. V. Bida, A. N. Yagolnik. – D.: PGASA, 2009. – P. 86 – 89.
22. **Yaholnyk, A. M.** Vznachennja strukturnogo zchepennja zv'jaznogo rruntu metodom obertal'nogo zrizu [Text]: resursoekonomni materiali, konstrukcii, budivli ta sporudi / A. M. Yaholnyk. – Rivne, 2009. – P. 570 – 577.
23. **Yakovlev, A. V.** Osoblyvosti proektuvannja, budivnyctva, ekspluatacii' budivel' i sporud na lesovomu g'runti ta zsuivonebezpechnij terytorii' Ukrainy [Text] / A. V. Yakovlev, Y. L. Vinnikov. – K.: NMK VO, 1992. – 251 p.
24. **Zaretsky, J. K.** Vjazkoplastichnost' gruntov i raschety sooruzhenij [Text] / J. K. Zaretsky. – M.: Stroyizdat, 1988. – 352 p.

Надійшла до редколегії 04.03.2015

УДК 556.491:622

**Моніторинг земель та стану геологічного
середовища балки Євпаторійської (Дніпропетровськ)**

Л.Д. Богаченко*, Л.І. Осадча*, Т.Д. Прокопенко, Т.В. Сібуть***

**Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара
**Національний гірничий університет, Дніпропетровськ*

Проаналізовано стан земель та геологічного середовища Євпаторійської балки, визначено негативні інженерно-геологічні процеси і явища на території дослідження. Доведено можливість розвитку на схилах площинної і лінійної ерозії, яроутворення та зсувних процесів.

Ключові слова: моніторинг земель, природно-техногенні фактори, небезпечні інженерно-геологічні процеси, захист територій.

**Monitoring of the land and geological environment condition
in the Eupatorijska arroyo in Dnipropetrovsk**

L.D. Bogachenko*, L.I. Osadcha*, T.D. Prokopenko, T.V. Sibul***

**Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, Dnipropetrovsk
**National Mining University, Dnepropetrovsk*

The article analyzes the condition of the land and the geological environment in the Eupatorijska arroyo, engineering-geological estimation of the territory of the arroyo is carried out, negative engineering-geological processes and phenomena are defined. It was found that due to the negative technogenic impact in conjunction with natural and climatic factors, the slopes under study can be considered as those under the risk of landslides and therefore are in need of engineering protection.

Key words: land monitoring, natural and technogenic factors, dangerous engineering and geological processes, the protection of territories.

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, просп. Гагаріна, 72, Дніпропетровськ, 49010, Україна.
Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, pr. Gagarina, 72, Dnipropetrovsk, 49010, Ukraine.
Tel.: +38-097-219-08-00. E-mail lila1809@mail.ru

Вступ. Мета моніторингу стану земель та геологічного середовища – вивчення природних умов території і впливу антропогенного навантаження для своєчасного виявлення змін та запобігання або усунення негативних наслідків, прогнозування змін інженерно-геологічних умов під впливом природно-техногенних факторів; розробка оціночних рекомендацій захисту території від небезпечних геологічних процесів і явищ.

Постановка проблеми. Територія правобережжя Дніпропетровська знаходиться на ділянці вододільного плато, «порізаного» ярово-балковою мережею. Такий рельєф спричиняє обвальні-зсувні процеси, у результаті яких порушується природне залягання гірських порід, руйнується й змінюється морфологія схилів балок та ярів, формується специфічний зсувний рельєф, деформуються і руйнуються техногенні об'єкти. Унаслідок техногенної активізації небезпечних процесів постійно погіршується здатність геоморфосистем виконувати інженерні й екологічні функції [3].

На інтенсивність небезпечних процесів впливають природні (геоморфологія, геологія, тектоніка, клімат) і техногенні (інженерна діяльність людини) фактори [5]. Так, забудова верхньої частини лівого схилу Євпаторійської балки багатопверховими будинками житлового масиву «Сокіл-2» у 1983 р. спричинила зсув, у результаті якого було зруйновано будинки приватного сектора по вул. Євпаторійській та зміщено дорожнє полотно [1; 2; 4; 11].

У зв'язку з цим актуальне подальше вивчення теоретико-методологічних основ дослідження небезпечних процесів на території міста. Такими дослідженнями є моніторинг стану земель і геологічного середовища [6;10].

Викладення основного матеріалу. Для виконання поставлених завдань проведено збір і систематизацію матеріалу вишукувань на досліджуваній території та рекогносцирувальне обстеження балки.

У межах досліджуваної території балки, починаючи із 1965 р. по теперішній час, різні проектно-дослідні й дослідні організації виконували інженерно-геологічні розвідки для проектування й будівництва об'єктів цивільного і промислового призначення

У геоморфологічному відношенні досліджувана територія Євпаторійської балки розташована в межах терасованого вододільного схилу правого берега Дніпра, глибоко й інтенсивно «порізаного» ярово-балковою мережею, у південній частині міста між Тунельною та Відлогою балками.

Євпаторійська балка сформована в результаті тривалих екзогенних процесів кінця неогену – початку четвертинного періоду. Балка починається на вододільному плато і закінчується на заплаві Дніпра. Форма балки у верхів'ї U-подібна, середня й нижня частини трапецеїдальні. Довжина становить 2000 – 2100 м; форма асиметрична: лівий схил більш пологий, а правий крутий. Ширина балки у верхній частині приблизно 450 – 900 м, 25 – 120 м – у нижній. Глибина візду балки змінюється від 35,0 – 40,0 м біля верхів'я до 3 – 5 м в її усті.

У межах досліджуваної території виділяють такі геоморфологічні елементи – верхів'я, правий і лівий схили балки, ускладнені ярово-балковою мережею, дно балки.

Верхів'я балки розташоване в південно-західній її частині й обмежене з півночі вул.Панікахи та бульваром Слави; із північного заходу – проспектом Праці. Ширина верхів'я балки по верху – від 300 м до 550 м, по низу – від 30 м до 100 м. Борти від крутопадаючих до субвертикальних, інтенсивно «порізані» яружною

мережею і вимоїнами. Субвертикальні борти не задерновані й оголюють корінні лесові ґрунти. Крутопадаючі схили задерновані, інтенсивно порослі деревинно-чагарниковою рослинністю. На схилах – відвали побутового сміття. На верхів'ї балки зафіксовано ерозійно-зсувні процеси. Абсолютні відмітки денної поверхні верхів'я балки становлять 135,0 – 145,0 м (Балтійська система висот).

У верхів'я балки врізаються три відроги: північний, західний і південно-західний.

Правий борт балки ускладнений ярами й трьома відрогами з ярами. Ухил правого борту змінюється від пологого (від 5 до 15°) до крутопадаючого (30 – 45°), на окремих ділянках штучно терасований. Тераси висотою 2 – 2,5 м, шириною до 2 м, задерновані й засаджені захисною лісосмугою. У цілому схил задернований і поріс деревинно-чагарниковою рослинністю. Місцями наявні смітники побутового й будівельного сміття.

Абсолютні відмітки поверхні правого борту від його верхів'я до устя змінюються від 145,0 м до 90,0 м.

У південній частині в правий схил балки урізаються шість ярів довжиною 100 – 240 м, шириною 15 – 50 м. Глибина ярів – 8 – 30 м, що відповідає базису ерозії. Борти від крутопадаючих до субвертикальних, оголюють корінні лесові й делювіальні ґрунти, «порізані» вимоїнами, відбуваються активні зсувні процеси. Верхів'я ярів зайняті під городами. Дно ярів поросло деревинно-чагарниковою, місцями болотною рослинністю. У теперішній час відроги ярів засипають будівельно-побутовим сміттям.

Лівий борт балки ускладнений численними вимоїнами, що переходять в яри V-подібної форми із крутопадаючими бортами, задерновані, порослі деревною рослинністю. Місцями в бортах ярів оголюються лесові ґрунти. Глибина урізання ярів – 1 – 8 м. Лівий схил крутопадаючий, під кутом 25 – 30°, у деяких місцях терасований. Ширина терас – 2 – 3 м, висота ~1,5 м. До устя балки лівий схил виположується до 4 – 6°. Схил задернований, порослий деревинно-чагарниковою рослинністю.

Абсолютні відмітки поверхні лівого борту від його верхів'я до устя змінюються від 135,0 м до 65,0 м.

У створі вул. Єреванської в лівий борт балки урізається відріг довжиною ~100 м коритоподібної форми, глибиною урізання 5 – 7 м, шириною 8 – 12 м (по дну), шириною по бортах – 50 – 60 м; кут бортів – 45 – 50°. Борти й дно відрогу задерновані, верхів'я засипане, обладнане підпірною стінкою.

Дно балки складної форми – від асиметричної коритоподібної до каньйоподібної, виположується до устя балки.

Біля верхів'я та в центральній частині балки дно асиметричне, коритоподібної форми. Ширина дна – 50 – 70 м. Лівий схил більш крутий, терасований, слабкозадернований, порослий деревинно-чагарниковою рослинністю. Загальний ухил – 15 – 20°. Правий схил виположений, кут ухилу від 6 – 8° до 10°, задернований і укріплений уздовж терас лісопосадкою. На окремих ділянках дно балки каньйоподібної форми, глибиною урізання 6 – 7 м, шириною 15 – 20 м, борти складаються із балкового делювію (суглинки чорного кольору). На бортах відбуваються ерозійні процеси у вигляді вимоїн і мікроярів.

Абсолютні відмітки поверхні дна балки від 95,0 – 105,0 м (на верхів'ї) до 63,0 – 65,0 м (в усті балки).

На дні балки утворилося озеро діаметром 10 – 12 м. Із озера витікає струмок шириною від 0,5 – 1,5 м, глибиною від 0,05 – 0,3 м. У долині струмка відбувається акумулятивний процес – накопичення балкового делювію. Борти струмка від пологих до крутопадаючих, висотою від 0,5 м до 3 – 4 м.

Місцями на дно балки скидають будівельне і побутове сміття, що перешкоджає розвантаженню струмка.

На досліджуваній території відбуваються такі несприятливі процеси і явища:

- наявність у геологічній будові балки нестійких, субвертикальних і крутопадаючих схилів, складених лесовими ґрунтами;

- просочування ґрунтових вод біля підніжжя схилів;

- інтенсивні витоки з комунікацій, які підвищують рівень ґрунтових вод, призводять до замочування лесових ґрунтів і погіршення їх фізико-механічних властивостей, а отже до появи на стінах будівель тріщин деформаційного характеру;

- повсюдні звалища побутового сміття, що забруднюють ґрунтові води, перешкоджають поверхневому стоку вод, акумулюють вологу, призводять до замочування ґрунтів, а отже, зниження стійкості схилів;

- активні ерозійні й зсувні процеси, що проявляються на незадернованих схилах балки, на схилах її відрогів і ярів.

У геоструктурному відношенні територія Дніпропетровська знаходиться на з'єднанні двох великих структур – Українського кристалічного масиву й Дніпрово-Донецької западини.

Територія Євпаторійської балки розташована в межах крайової частини Українського кристалічного масиву, що належить до нагірного неотектонічного блока.

Конфігурацію балки визначено тектонічною зоною субширотного напрямку. Геологічний масив складають кора вивітрювання скельних порід і осадові відклади палеогенового, неогенового та четвертинного періоду.

У межах досліджуваної території балки розвинута кора вивітрювання (PZ-KZ) скельних порід, покрівля яких залягає від денної поверхні на глибині 70 – 80 м біля верхів'я балки до 25,0 – 26,0 м в її усті.

Ерозійні депресії у кристалічному фундаменті заповнені континентальними (озерно-річковими) відкладами бучакської світи палеогену (P_2^{bc}) (буровуглисті глини та буре вугілля).

Неогенові відклади – полтавська світа (N_1^{pl}) – сірі глини і світло-жовті, білі кварцеві піски. На схилах балки неогенові відклади перекриті суглинками і червоно-бурими глинами нижньочетвертинного періоду ($d I_{mr}$), які не мають чіткої межі. Поширення нижньочетвертинних відкладів повсюдне, за винятком придонної частини балки, де вони розмиті.

В умовах Дніпропетровська глибинність розвитку екзогенних геологічних процесів безпосередньо залежить від геологічної будови і геоморфологічного розчленування території і належить до верхньої 10 – 30-метрової товщі чохла четвертинних відкладів, яка складається з нижнього, середнього, верхнього відділів та сучасних відкладів.

Четвертинні відклади лесового комплексу плащеподібно перекривають схил у верхній і середній його частинах і виклинюються в дно балки, представлені

шарами суглинків та супісків елювіально-делювіального (ed), еолово-делювіального (vd) генезисів й алювіальними (a) пісками.

Відповідно до геологічної структури досліджувана територія належить до гідрогеологічного району Українського кристалічного масиву.

У межах Євпаторійської балки зафіксовано один водоносний комплекс, який складається із двох різновікових водоносних горизонтів: четвертинний горизонт поширений у лесових, алювіально-делювіальних, алювіальних відкладах і балковому делювії; неогеновий – у пісках полтавської світи. Обидва горизонти безнапірні, тому що не мають між собою витриманого вододільного шару, який би був водотривом. Перетікання верхнього горизонту в нижній відбувається через ділянки, де щільні ґрунти відсутні, – «гідрогеологічні вікна».

Водоносний горизонт четвертинних відкладів зафіксований: біля верхів'я балки на глибинах 7,0 – 8,0 м (абс. відм. 138,0 – 145,0 м); на лівому схилі балки від 9,0 м до 14,0 м (абс. відм. 91,0 – 132,0 м); на правому схилі балки від 9,0 м до 13,0 м (абс. відм. 126,0 – 138,0 м), у південно-східній частині схилу горизонт відсутній; на дні балки від нуля до 1,0 – 2,0 м. Коефіцієнти фільтрації ґрунтів зони аерації і водовмісних ґрунтів змінюються від 0, 2 м/добу до 0,6 м/добу.

Відносними водонепрохідними шарами є локально щільні суглинки завадівського та суглинки і глини мартоношського горизонтів. Потужність водоносного горизонту не витримана й тісно взаємопов'язана з глибиною залягання водотриву.

Режим водоносного горизонту четвертинних відкладів порушений і тісно пов'язаний із кількістю води, що поповнює його. Живлення він одержує за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, витоків із підземних каналізаційних мереж із боку вищерозташованих забудованих територій мікрорайону «Сокіл», промислових підприємств та індивідуальної забудови вздовж лівого схилу балки. Розвантажується горизонт у дно балки, перетікає в нижній горизонт неогенових відкладів, а потім у Дніпро.

За хімічним складом вода водоносного горизонту четвертинних лесових відкладів є гідрокарбонатно-сульфатна із мінералізацією до 1 г/дм³.

Водоносний горизонт неогенових відкладів у придонній частині схилів, де четвертинний горизонт відсутній, – перший від денної поверхні, а у верхній частині схилів перебуває під четвертинним водоносним горизонтом і є другий від денної поверхні.

Водовмісними породами горизонту є піщані відклади неогену, які мають коефіцієнт фільтрації 1,0 – 1,2 м/добу.

На території балки глибина залягання рівня горизонту неогенових відкладів на лівому схилі становить 45,0 – 50,0 м.

Буровугільні глини та каоліни мають більш низьку водопроникність ($K_{\phi} = 0,06$ і $0,085$ м/добу), ніж вище- і нижчезалягаючі ґрунти, тому вони – відносні водотриви.

За хімічним складом вода переважно гідрокарбонатна із мінералізацією 1 – 3 г/дм³.

Горизонт поповнює запаси води за рахунок інфільтрації атмосферних опадів і перетікання підземних вод шляхом вертикальної фільтрації із водоносного горизонту четвертинних відкладів на схилах балки та із струмка через делювіальні відклади. Розвантаження горизонту відбувається в Дніпро.

За природними умовами територія Євпаторійської балки розташована в зоні змінного зволоження, складена фільтраційно-анізотропними лесовими відкладами.

Аналіз матеріалів досліджень минулих років (1965 – 1980) показав, що інтенсивна забудова верхніх частин схилів балки висотними будівлями призвела до збільшення витоків води в ґрунти із підземних комунікацій. Інженерна діяльність людини (прокладення доріг, терасування денної поверхні – зрізання та підсипання ділянок, побудова гаражів, облаштування городів, неорганізовані сміттєзвалища) призвела до проникнення атмосферних опадів у ґрунти схилів. Вищенаведені фактори спричинили підйоми рівня підземних вод із середньою швидкістю на окремих щільнозбудованих територіях до 1,0 – 1,2 м/рік.

На основі режимних спостережень за рівнем підземних вод (1980 – 2000) встановлено, що швидкість підйому рівня підземних вод поступово зменшувалась, а за останні роки стабілізувалася і не перевищує 0,1 м/рік. Це перш за все пов'язано зі зменшенням обсягів будівництва, а на верхніх ділянках схилів – із відтоком води горизонту із зсувних ділянок схилів, які сприяють швидшому відтоку води через «вікна» розкритих ґрунтів. Однак, враховуючи незадовільний характер експлуатації підземних комунікацій на забудованих територіях, можливий підйом рівня підземних вод до значень, зафіксованих раніше, і більших.

За геолого-гідрогеологічними умовами і швидкістю підйому рівня підземних вод ділянки верхів'я та схилів балки належать до III типу територій за потенційним підтопленням.

Рівень підземних вод в усті балки знаходиться на глибинах від 0,2 м до 2,0 м, тому ця ділянка належить до категорії природно і постійно підтоплюваних територій. Підтоплення донної частини балки пов'язане зі збільшенням надходження атмосферних і стічних вод у дно балки (утворення джерел у ярах і зсувних ділянках – дренавання водоносного горизонту четвертинних відкладів), а також забудовою нижчерозташованої території житлового масиву «Перемога» висотними будинками на пальових фундаментах, що призвело до погіршення дренавання води через баражний ефект.

У зв'язку з підвищенням вологості лесових ґрунтів через причини, наведені вище, які характеризують ці ґрунти як водонетривкі, пухкі, легкорозмочувані, здатні до прояву просідних властивостей, у них можуть погіршитися показники фізико-механічних властивостей, знизитися характеристики деформованості й міцності [7 – 9].

Просідність ґрунтів за природного тиску безпосередньо залежить від потужності просідних ґрунтів. Потужність просідних лесових ґрунтів зростає від нижньої частини схилів балки, де вони виклинюються, до вододільних ділянок, де їх потужність максимальна.

Просідність лесових ґрунтів (за матеріалами минулих років) вивчали на всіх ділянках забудови лабораторними методами. Сумарна просідність лесової товщі за природного тиску змінюється від 0 до 50 – 60 см.

Досліджувані схили балки за просідністю належать до двох типів ґрунтових умов – першого і другого, а на підтоплених ділянках на дні балки просідні ґрунти відсутні.

Лесові ґрунти є фільтраційно-анізотропні: у вертикальному напрямку вони більш водопроникні, ніж у горизонтальному. У зв'язку із цим у фільтраційному

потоці виникає гідродинамічний тиск підземних вод, а також збільшується вага ґрунтів – додаткова механічна сила, прикладена до схилу.

Висновки. На обох схилах балки за рахунок природних і техногенних факторів, основними з яких є обводнювання лесових ґрунтів, додатковий тиск на ґрунти схилів від нових забудов, неминуче можуть проявлятися негативні інженерно-геологічні процеси і явища.

Оцінивши геолого-геоморфологічні і гідрогеологічні особливості досліджуваної території балки (круті ділянки схилів, повсюдне поширення пухких водонестійких лесових ґрунтів, наявність насипних ґрунтів у різних частинах схилів, подальше насичення ґрунтів схилу водою), можна й надалі прогнозувати розвиток на схилах площинної і лінійної ерозії, яроутворення та зсувних процесів.

Бібліографічні посилання

1. DBN A.2.1-1-2008. Inzenerni vishukuvanija dlja budivnitstva [Text] – К.: Minregionbyd, 2008. – P. 72 (in Ukrainian).
2. DBN B.1.1-3-97 Inzenernij zahist teritorii, budinkiv i sporud vid zsuviv i obvaliv [Text]: – К.: Minregionbyd, 2006. – P. 83 (in Ukrainian).
3. **Dowd, R.M.** Groundwater monitoring [Text]/ R.M. Dowd// Environ. Sei. and Technol. – 1985 Vol. 19. – № 6. – P. 485-498.
4. DSTY B V.2.1-2-96. Gruti. Klasifikatsija [Text]/ (DERZSTANDART 25100-82) – К.: Minregionbyd, 2006. – P. 98 (in Ukrainian).
5. **Emeljanova, O.P.** Osnovni zakonornosti zsuvnih protsesiv [Text]/ O.P.Emeljanova. – М.: Nedra, 1972. – P. 346 (in Ukrainian).
6. **Latkovich, V.J.** Groundwater monitoring system [Text]/ V.J. Latkovich// Proc. and Inf. Comm. Hydrol. Res. TNO. – 1983. – № 31. – P. 538-545.
7. **Lomtadze, B.D.** Inzenerna geologija. Inzenerna geodinamika [Text]/ B.D. Lomtadze. – М.: Nedra, 1977. – P. 423 (in Russian).
8. Rekomendatsiji po inzenerno-geologithnim doslidzenijam v rajonah rozvitku zsuviv [Text] – М.: Nedra, 1984. – P. 94 (in Ukrainian).
9. Rekomendatsiji po kilkisnij otsintstij stijkostisi zsuvnih protsesiv [Text]. – М.: Nedra, 1984. – P. 132 (in Ukrainian).
10. **Wishmeier, W.H.** Predicting rainfall erosion losses from cropland east of Rocky Mountains [Text]/ W.H. Wishmeier, D.D.Smith// Argic. Handbook. – 1965. – № 282. – P. 143-151.
11. Zvit pro inzenerno-tehnicni vishukuvanija dlja proektovanogo budivnitstva bagatofunktsionalnoji budivli v rajoni z/m «Sokil» u m. Dnipropetrovsku [Text]/ DP «DniproGIINTIZ». – DP., 2006. – 185 p (in Ukrainian).

Надійшла до редколегії 27.02.2015

УДК 553.3+54.01+542.9+549.5

Phase transformation of goethite into magnetite by reducing with carbohydrates

N. O. Dudchenko*, V. P. Ponomar**

**M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NASU, Kyiv*

***Taras Shevchenko National University of Kyiv*

Phase transformations of synthetic goethite and goethite ore from Kryvyi Rih region by reducing with different carbohydrates (starch, glucose, fructose, sucrose and ascorbic acid) were investigated by thermomagnetic analysis. Thermomagnetic analysis was carried-out using laboratory device that allows automatic registration of sample magnetization with the temperature (the rate of sample heating/cooling was 65-80°/min). The reduction reaction of synthetic goethite for all carbohydrates starts at the temperature of ~250°C while reduction of goethite ore for all carbohydrates starts at the temperature of ~450°C. We could relate this increasing of reduction start temperature with shielding effect of admixtures in the ore. Reduction of synthetic goethite at this temperature range leads to formation of magnetic phase with saturation magnetisation ~70 A*m²/kg. At the same time, reduction of goethite ore leads to formation of magnetic phase with saturation magnetisation ~25 A*m²/kg. One could attribute this decreased value of saturation magnetisation to the presence of other minerals (quartz, etc.) in the ore. It was shown by X-Ray Diffraction method that goethite completely transforms into magnetite under heating with different carbohydrates up to 650°C. All carbohydrates reduce goethite to magnetite.

Key words: goethite, magnetite, phase transformations, thermomagnetic analysis.

*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАН України, просп. Академіка Палладіна, 34, Київ, 03680, Україна.

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NASU, pr. Akademika Palladina, 34, Kyiv, 03680, Ukraine.

Tel.: +38-067-408-47-97. E-mail: ndudchenko@igmof.gov.ua

**Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Володимирська, 64/13, Київ, 01601, Україна

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Volodymyrska Street, 64/13, Kyiv, 01601, Ukraine.

Tel.: +38-063-597-29-33. E-mail: vitaliyponomar.vp@gmail.com

Фазові перетворення гетиту в магнетит за його відновлення вуглеводами

Н. О. Дудченко*, В. П. Пономар**

*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка, Київ

**Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Досліджено фазові перетворення синтетичного гетиту і гетитової руди з Криворізького залізорудного басейну за допомогою термомагнітного аналізу при відновленні різними вуглеводами (крохмаль, глюкоза, фруктоза, цукроза та аскорбінова кислота). Термомагнітні дослідження проведено за допомогою лабораторної установки автоматичної реєстрації намагніченості залежно від температури (швидкість нагріву/охолодження 65 – 80°/хв). З'ясовано, що реакція відновлення синтетичного гетиту для всіх вуглеводів починається за температури ~250°C, а відновлення гетитової руди для всіх вуглеводів починається за температури ~450°C. Наведено припущення, що підвищення температури початку реакції відновлення пов'язано з ефектом екранування домішками в руді. Відновлення синтетичного гетиту в цьому температурному діапазоні зумовлює формування магнітної фази з намагніченістю насичення ~70 А·м²/кг, у той час як відновлення гетитової руди призводить до формування магнітної фази з намагніченістю насичення ~25 А·м²/кг. Зменшення намагніченості насичення можна пояснити наявністю інших мінералів (кварц та ін.) у руді. За допомогою рентгенофазового аналізу показано, що гетит повністю перетворюється на магнетит у разі нагрівання з різними вуглеводами до температури 650°C. Всі вуглеводи відновлюють гетит до магнетиту.

Ключові слова: гетит, магнетит, фазові перетворення, термомагнітний аналіз.

Introduction. Goethite (α -FeOOH) is an iron-containing mineral named by Johann Wolfgang von Goethe. It is widely spread in ores, sediments and soils and is one of the most thermodynamically stable iron oxide at ambient temperature [4]. Goethite powder has yellow colour. Goethite is often formed as sedimentary rock, and its formation requires the presence of water. That's why it is often found within spring water wetlands, and at lake and creek bottoms. It is always present in ore deposit oxidation zones. At the beginning of the 21st century, Mars Exploration Rover «Spirit» discovered goethite on the Red Planet's surface.

Goethite is antiferromagnetic [4] with Neel temperature (T_N) of 120°C. At high temperatures goethite can easily loose water and transforms into hematite. Transformation temperature depends on crystallinity of goethite.

Goethite now is mainly used for production of pigments and magnetic iron oxides [8], as an adsorbent for different toxic anions [6] and cations [3].

Nowadays, the usage of weakly magnetic iron ores for iron production is of very importance, because the deposits of magnetite iron ores are becoming exhausted. The main problem, that interferes the usage of weakly magnetic goethite ores for iron production is complexity of their beneficiation, i.e. separation of goethite from other admixtures in the ore. Therefore, number of investigations concerning transformation of goethite into magnetic iron oxides (mainly, magnetite, that is suitable for magnetic separation) by reduction with different reducing agents (coal [9], hydrogen and carbon monoxide [7], biomass etc. [10; 11] at increased temperatures have been carried-out in order to develop new technologies of goethite ore beneficiation.

The aim of this work was to investigate the phase transformations of synthetic goethite and goethite ore from Kryvyi Rih region into magnetic phase by reducing with different carbohydrates, i.e. starch, glucose, fructose, sucrose and ascorbic acid.

Materials and methods. Samples of synthetic goethite were synthesised by procedure [2]. Samples of goethite ore from Kryvyi Rih region were grinded up to 0,07÷0 mm. Starch, glucose, fructose, sucrose and ascorbic acid («Chimlaborreactive», Ukraine) were used as reducing agents.

The changes of magnetization with the temperature were determined with laboratory build facility. This facility enables to measure the force that effects on the sample in non-uniform magnetic field. This force is proportional to magnetization and the gradient of magnetic field.

Initial samples were mixed with 4% (m/m) carbohydrates (starch, glucose, fructose, sucrose and ascorbic acid) and this mixture (0,2 – 0,5 g) was used further for thermomagnetic analysis. Reduction of goethite and goethite ore with different carbohydrates was performed in quartz mini-reactor, isolated from atmospheric oxygen ($V_{\text{reactor}}=4 \text{ cm}^3$), under heating up to 650°C. The rate of sample heating/cooling was 65-80°/min.

The initial and obtained samples were investigated by the methods of X-Ray Diffraction (XRD) and magnetometry. XRD measurements were performed with a diffractometer DRON-UM1 in filtered emission $\text{CuK}\alpha$ with recording geometry by Bragg-Brentano. Measurements of saturation magnetisation were performed using a magnetometer with Hall sensor (Ukraine).

The XRD phase diagnostics was performed using [1] by detected d-spacing.

Results and discussion. It was shown by the XRD-data that the initial sample of synthetic goethite was pure goethite (fig. 1, a) and the initial sample of goethite ore was composed by quartz, kaolinite, goethite and hematite (fig. 1, b). Saturation magnetisation of synthetic goethite was 0,14 A·m²/kg and of initial goethite ore was 0,7 A·m²/kg.

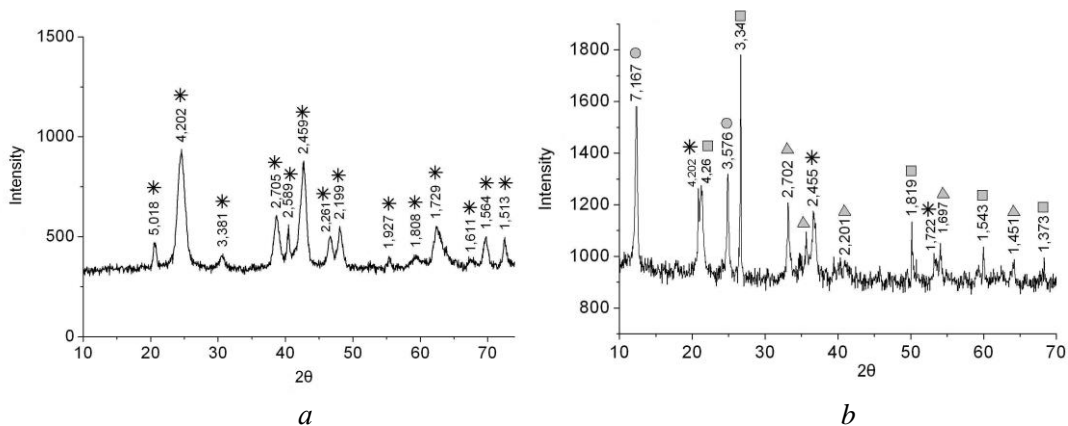


Fig. 1. XRD patterns of the initial samples of synthetic goethite (a) and goethite ore (b).

The numbers correspond to the phases:

1 – goethite $\gamma\text{-FeOOH}$; 2 – quartz; 3 – hematite Fe_2O_3 ; 4 – kaolinite

The thermomagnetic curves for synthetic goethite with starch are shown in the fig. 2. Fig. 2, *a* presents first cycle of heating/cooling and fig. 2, *b* presents second cycle of heating/cooling.

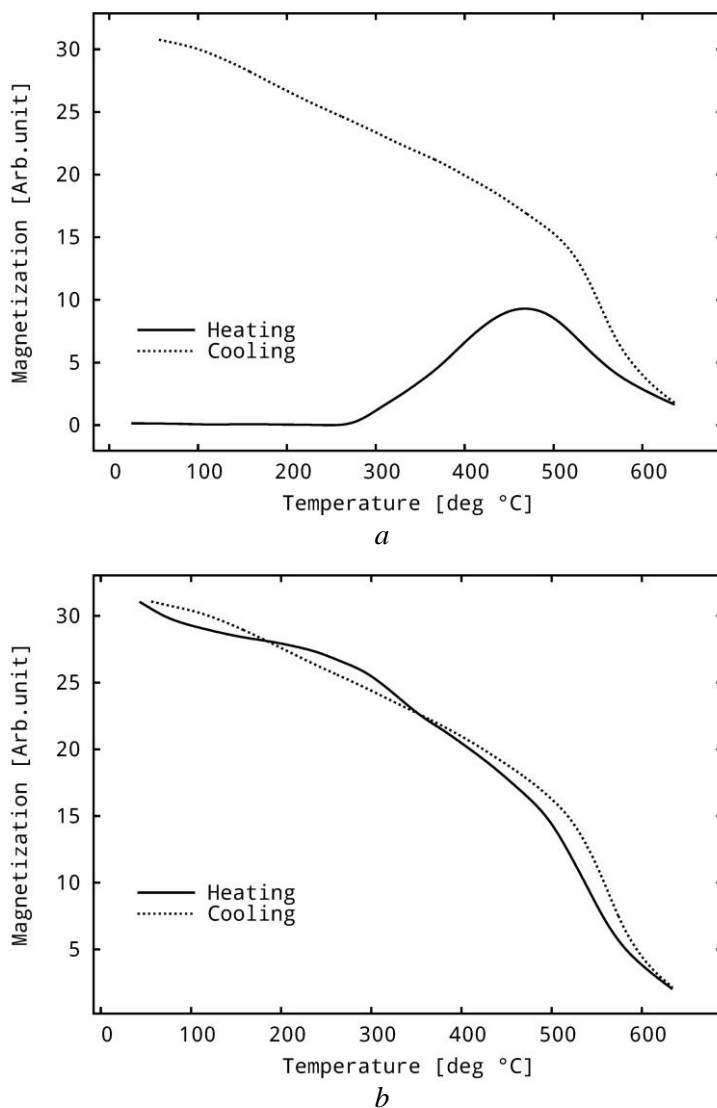


Fig. 2. Thermomagnetic curves for synthetic goethite with starch:
a – first cycle; *b* – second cycle

Thermomagnetic analysis of synthetic goethite shows that the reaction of iron reducing with starch starts at the temperature of 260°C with the maximum at 465°C. Magnetisation of the sample after cooling increases considerably.

The disappearance of magnetisation of the sample above Curie temperature and the cycle of heating and cooling provide us additional information about the present phases. Curie temperature, determined by cooling curve is $\sim 560^{\circ}\text{C}$ that is close to Curie temperature of magnetite (580°C). Therefore one could conclude that the phase of magnetite is formed in the reaction.

Saturation magnetisation, determined for obtained sample was $\sim 70 \text{ A}\cdot\text{m}^2/\text{kg}$ (magnetisation curve is shown at fig. 3), that is close to saturation magnetisation of pure magnetite ($92 \text{ A}\cdot\text{m}^2/\text{kg}$). The result of XRD-measurements (fig. 4) shows that obtained sample consists of magnetite.

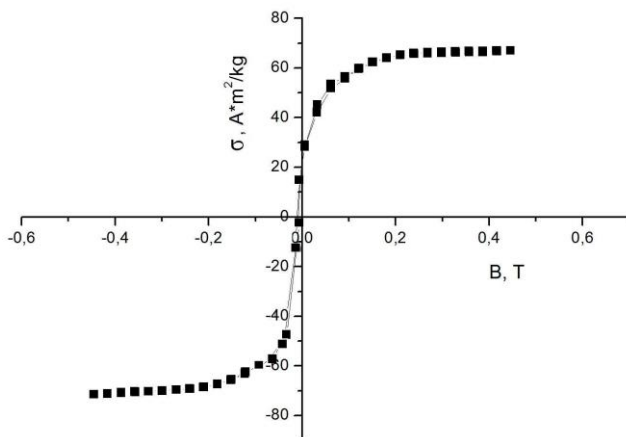


Fig. 3. Magnetisation curve of obtained sample

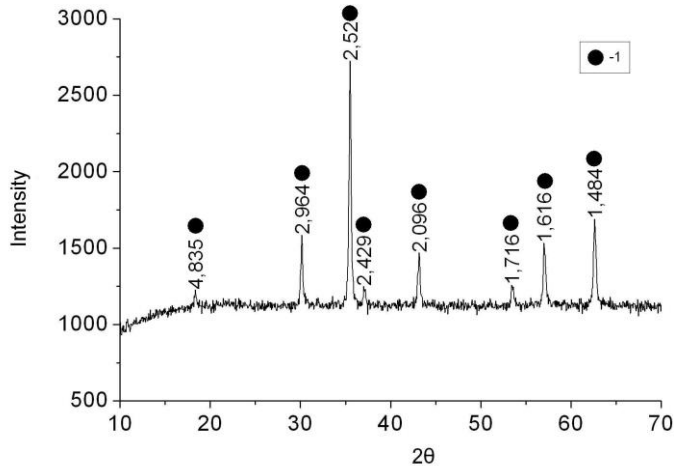


Fig. 4. XRD pattern of obtained sample. The number corresponds to the phase: 1 – magnetite.

Thermomagnetic curves for synthetic goethite with other carbohydrates (data not shown) are similar to the thermomagnetic curve for synthetic goethite with starch. Character-

istics of these samples (temperature of reaction start, temperature of reaction maximum at heating curve, Curie temperature, phase composition of obtained sample, saturation magnetisation of obtained sample) are shown in the tab. 1.

Table 1

Temperature of reaction start, temperature of reaction maximum at heating curve, Curie temperature (T_c), phase composition of obtained sample, saturation magnetisation (M_s) of goethite, reduced with different carbohydrates

Sample name	Reductant	M_s , A·m ² /kg	T_c , °C	Temperature of reaction start, °C	Temperature of reaction maximum, °C	Phase composition
Goethite	4 % starch	71	564	260	465	Magnetite
Goethite	4 % glucose	69	548	250	480	Magnetite
Goethite	4 % sucrose	69	548	250	470	Magnetite
Goethite	4 % fructose	67	547	260	475	Magnetite
Goethite	4 % ascorbic acid	69	560	280	493	Magnetite

So, we could conclude that reduction of synthetic goethite by different carbohydrates leads to formation of magnetite with rather high saturation magnetisation. For all types of carbohydrates, the reduction reaction starts at ~260°C with the maximum at ~470°C.

The thermomagnetic behaviour of iron oxides in the presence of glucose was analysed in [5]. It was shown, that in the presence of 5-10% of glucose, synthetic goethite starts transform into highly magnetic mineral at 420°C with Curie temperature of 580°C. Authors proposed the formation of highly magnetic maghemite, which then turns into haematite, which is slightly magnetic. In our case, we have obtained highly magnetic magnetite after thermal treatment of synthetic goethite with different carbohydrates, including glucose, which does not loose its magnetisation during further thermal treatment (fig. 2, b).

The thermomagnetic curves for goethite ore with starch are shown in the fig. 5. Fig 5, a presents first cycle of heating/cooling and fig. 5, b presents second cycle of heating/cooling.

Thermomagnetic analysis of goethite ore shows that the reaction of iron reducing with starch starts at the temperature of 420°C with the maximum at 510°C and Curie temperature ~560°C. Magnetisation of the sample after cooling increases considerably.

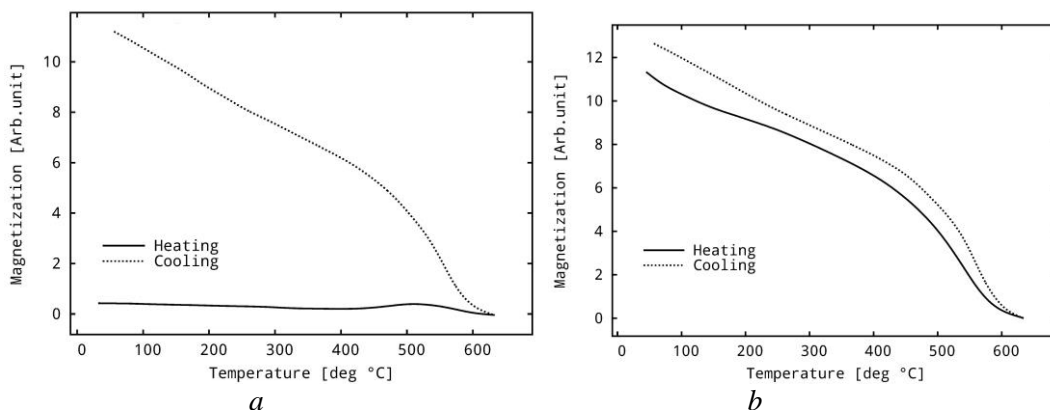


Fig. 5. Thermomagnetic curves for goethite ore with starch: a – first cycle; b – second cycle

Saturation magnetisation determined for obtained sample was $\sim 30 \text{ A}\cdot\text{m}^2/\text{kg}$ (magnetisation curve is shown at the fig. 6).

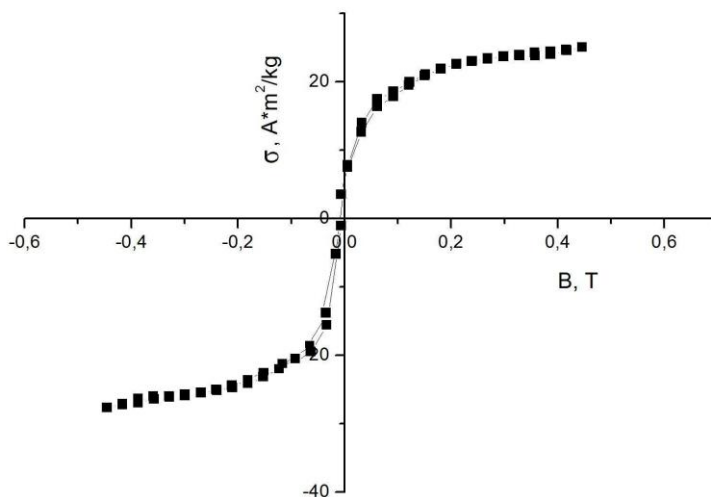


Fig. 6. Magnetisation curve of obtained sample

The result of XRD-measurements (fig. 7) shows that obtained sample consists of magnetite, quartz and hematite.

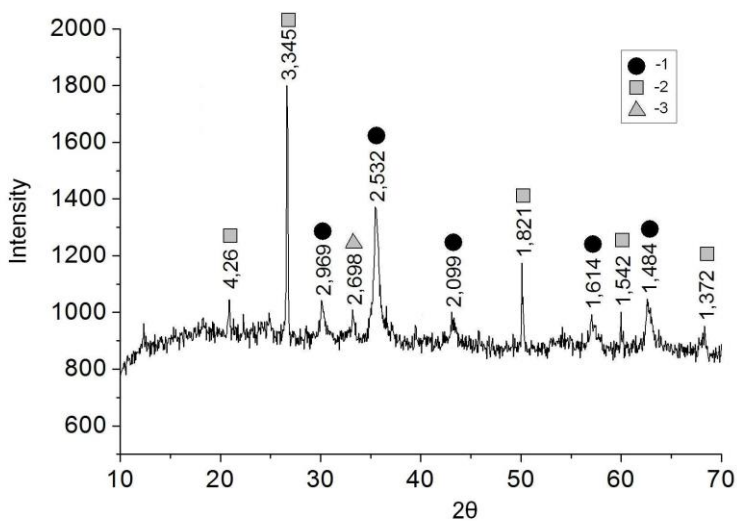


Fig. 7. XRD pattern of the obtained sample. The numbers correspond to the phases: 1 – magnetite Fe_3O_4 ; 2 – quartz; 3 – hematite Fe_2O_3

Thermomagnetic curves for goethite ore with other carbohydrates (data not shown) the same dependencies as for goethite ore with starch. Their characteristics (temperature of reaction start, temperature of reaction maximum at heating curve, Curie temperature, phase composition of obtained sample, saturation magnetisation of obtained sample) are shown in the tab. 2.

Table 2

Temperature of reaction start, temperature of reaction maximum at heating curve, Curie temperature (T_c), phase composition of obtained sample, saturation magnetisation (M_s) of goethite ore, reduced with different carbohydrates

Sample name	Reductant	M_s , A·m ² /kg	T_c , °C	Temperature of reaction start, °C	Temperature of reaction maximum, °C	Phase composition
Goethite ore	4 % starch	30	559	420	510	Quartz, magnetite, hematite (traces)
Goethite ore	4 % glucose	22	567	445	535	Quartz, magnetite, hematite (traces)
Goethite ore	4 % sucrose	31	564	425	515	Quartz, magnetite, hematite (traces)
Goethite ore	4 % fructose	22	569	450	550	Quartz, magnetite, hematite (traces)
Goethite ore	4 % ascorbic acid	23	571	450	520	Quartz, magnetite, hematite (traces)

So, we could conclude that reduction of goethite ore by different carbohydrates leads to formation of magnetite. For all types of carbohydrates the reduction reaction starts at ~450°C with the maximum at ~520°C.

Conclusion. It was slight difference of different carbohydrates (starch, glucose, fructose, sucrose and ascorbic acid) influence on the reduction rate of goethite or goethite ore. Synthetic goethite reduction with carbohydrates (starch, glucose, fructose, sucrose and ascorbic acid) under heating up to 650°C leads to formation of magnetite with saturation magnetisation ~70 A·m²/kg. Goethite ore reduction with carbohydrates (starch, glucose, fructose, sucrose and ascorbic acid) under heating up to 650°C leads to formation of magnetite. Saturation magnetisation of obtained magnetic samples is ~25 A·m²/kg. The reduction of synthetic goethite with carbohydrates starts at rather low temperatures, i.e. ~260°C, while the reduction of goethite ore with carbohydrates starts at ~450°C. We could attribute this increase of reduction start temperature with shielding effect of admixtures (quartz, etc.) in the ore. Obtained results are promising for development of new low-energy technologies of goethite ore beneficiation.

References

1. ASTM. Diffraction data cards and alphabetical and grouped numerical index of X-ray diffraction data [Text]: – Philadelphia, 1977. – 880 p.
2. **Brauer, G.** Handbuch der Präparativen Anorganischen Chemie (in drei Banden) [Text]: Ferdinand Enke Verlag / G. Brauer, W. P. Fehlhhammer, O. Glemser. – Stuttgart: Ferdinand Erike Verlag, 1981. – 1776 p.
3. **Christophi, C.** Competition of Cd, Cu, and Pb adsorption on goethite. [Text]/ C. Christophi, L. Axe // J. Environ. Eng. – 2000. – № 126 (1). – P. 66 – 74.
4. **Cornell, R. M.** The iron oxides: structure, properties, reactions, occurrences and uses (second ed.) [Text]/ R. M. Cornell, U. Schwertmann/Weinheim: Wiley – VCH GmbH& Co., KgaA, 2003. – 694 p.
5. **Hanesch, M.** Thermomagnetic measurements of soil iron minerals: the role of organic carbon [Text]/ M. Hanesch, H. Stanjek, N. Petersen// Geophys. J. Int., – 2006. – № 165 (1). – P. 53 – 61.
6. **Hongshao, Z.** Competitive adsorption of phosphate and arsenate on goethite [Text]/ Z. Hongshao, R. Stanforth // Environ. Sci. Technol, 2001. – № 35 (24). – P. 4753–4757.
7. **Jozwiak, W. K.** Reduction behavior of iron oxides in hydrogen and carbon monoxide atmospheres [Text]/ W. K. Jozwiak, E. Kaczmarek, T. P. Maniecki // Applied Catalysis A., 2007. № 326 (1). P. 17 – 27.
8. **Legodi, M. A.** The preparation of magnetite, goethite, hematite and maghemite of pigment quality from mill scale iron waste [Text]/ M. A. Legodi, D. de Waal // Dyes Pigments, 2007. – № 4 (1) – P. 161 – 168.
9. Rapid and direct magnetization of goethite ore roasted by biomass fuel, Separation and Purification Technology [Text]/ Y. Wua [et al.]. – Thermochemica Acta, 2012. – P. 34-38.
10. The reduction mechanism of biomass roasting of goethite ores [Text]/ Y. Wua [et al.]. / Adv. Mat. Res., 2012. - P. 560 – 561, 441-446.
11. Thermal investigations of direct iron ore reduction with coal [Text]/ G. S. Liu [et al.]. - Thermochemica Acta, 2004. – № 410 (1). – P. 133 – 140.

Надійшла до редколегії 27.02.2015

УДК 556.491:622

Математические модели изменения гидрогеологических условий в зоне влияния шахтного водоотлива

Г.П. Евграшкина, О. Е. Калинкина

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

Созданы математические модели применительно к условиям эксплуатации угольных шахт Западного Донбасса. В основу их математического обоснования положена классическая теория одиночных и взаимодействующих скважин в установившемся и неустановившемся режимах движения подземных вод. Каждая шахта рассмотрена как скважина с большим диаметром. Определена и проанализирована степень адекватности модели фактическим гидрогеологическим условиям путем сопоставления результатов расчета параметров депрессионной воронки с режимными наблюдениями, выполненными Павлоградской геолого-разведочной экспедицией в зоне влияния шахтного водоотлива.

Ключевые слова: математическая модель, теория скважин, режимные наблюдения, адекватность, депрессионная воронка, подземные воды.

Mathematical models of change hydrogeological conditions in the zone of influence of water drainage

G. P. Yevgrashkina, O. E. Kalinkina

Oles Honchar Dnipropetrovs'k national university

Created mathematical models applied to the conditions of operation of coal mines of Western Donbass. The basis of their mathematical foundation laid classical theory of single and interacting drill hole in steady and unsteady modes of movement of groundwater. Each mine considered as drill hole with a larger diameter. Identify and assess the adequacy of the model actual hydrogeological conditions by comparing the results of calculation of parameters of the depression funnel with the regime observations made Pavlograd prospecting expedition in the zone of influence of water drainage.

Key words: mathematical model, the theory of drill hole, monitoring observations, adequacy, depression crater, groundwater.

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, просп. Карла Маркса, 36, м. Дніпропетровськ, 49044, Україна.

Oles Honchar Dnipropetrovs'k National University, K. Marxa, 36, Dnipropetrovsk, 49044, Ukraine.

Tel.: +38-063-529-14-54. E-mail: olga_miraclesabadash@mail.ru

Введение. Теория современного гидрогеологического мониторинга содержит обязательную составляющую – математическую модель изменения гидрогеологических условий исследуемого региона в пространстве и времени под влиянием комплекса техногенных факторов. С помощью математической модели можно решать все виды гидрогеологических задач: прямые, обратные, индуктивные, обобщенные, инверсные. Результаты решения служат научным обоснованием комплекса природоохранных мероприятий гидрогеологической направленности.

Первые результаты по этой проблеме опубликованы в работе [4]. Впервые выполнено гидродинамическое обоснование закрытия шахт «Первомайской», «Терновской» и «Благодатной» в Западном Донбассе в соответствии с Постановлением Кабинета Министров Украины «О реструктуризации угольной промышленности». Природоохранные аспекты этой проблемы в региональном освещении для всей территории Донецкого угольного бассейна рассмотрены в работах [1; 2]. Первый вариант математической модели изменения гидрогеологических условий территории в зоне влияния восточной группы шахт представлен в [5]. Настоящая статья является дальнейшим развитием и продолжением ранее выполненных исследований, в ней решены задачи, имеющие более сложное математическое описание.

Материал и методы исследований. Все месторождения полезных ископаемых в Украине в разной степени обводнены. В процессе эксплуатации шахт горные выработки осушают. На прилегающих территориях формируется депрессионная воронка. Для условий эксплуатации угольных шахт Западного Донбасса построены математические модели изменения гидрогеологических условий прилегающих территорий. В основу их математического обоснования положена классическая теория одиночных и взаимодействующих скважин в установившемся и неустойчивом режиме движения подземных вод. Основной принцип создания моделей – каждая шахта рассматривается как скважина с большим диаметром. Задачи по тематике шахтного водоотлива решаются для гидрогеологического обоснования оптимальных условий эксплуатации, оценки инвестиционной привлекательности действующих шахт, закрытия нерентабельных и по окончании срока их эксплуатации.

Процесс движения подземных вод к скважине с большим диаметром (в нашем случае – к шахте) в радиальной системе координат описывается следующими уравнениями:

1) в установившемся режиме фильтрации [3]:

$$\frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial H}{\partial r} \right) = 0; \quad (1)$$

2) в неустойчивом режиме [4]:

$$\frac{\alpha^*}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial H}{\partial r} \right) = \frac{\partial H}{\partial t}. \quad (2)$$

Уравнение (1) имеет аналитическое решение для задачи с граничными условиями $Q = \text{const}$, $H_R = H_0$:

$$S = \frac{Q}{2\pi T} \ln \frac{R}{r}, \quad (3)$$

$$R = 1,5\sqrt{at}. \quad (4)$$

Для уравнения (2) с аналогичными условиями предложено решение [3]

$$S = \frac{Q}{4\pi T} \ln \frac{2,25a^*t}{r^2}. \quad (5)$$

Формула для расчета понижения в трёх взаимодействующих скважинах содержит 3 слагаемых вида (3) или (5) в зависимости от постановки решаемой задачи. Например, для шахты «Первомайской» в установившемся режиме фильтрации она имеет следующий вид:

$$S_1 = \frac{Q_1}{2\pi T_1} \ln \frac{R_1}{r_1} + \frac{Q_2}{2\pi T_2} \ln \frac{R_2}{r_2} + \frac{Q_3}{2\pi T_3} \ln \frac{R_3}{r_3}, \quad (6)$$

$$S_1 = \frac{Q_1}{4\pi T_1} \ln \frac{2,25a_1^*t}{r_1^2} + \frac{Q_2}{4\pi T_2} \ln \frac{2,25a_2^*t}{r_{2-1}^2} + \frac{Q_3}{4\pi T_3} \ln \frac{2,25a_3^*t}{r_{3-1}^2}. \quad (7)$$

В математических выражениях (1) – (7) приняты такие обозначения: H – гидродинамический напор, м; r – радиальная пространственная координата, м; a^* – коэффициент пьезопроводности, м²/сут; Q – величина шахтного водоотлива, м³/сут; H_0 – ненарушенный водоотливом гидродинамический напор, м; S – понижение подземных вод под влиянием водоотлива в шахте и на прилегающих территориях, м; R – радиус влияния, м; t – время прогнозного или эпигнозного расчета, сут; r_{1-2} , r_{1-3} – расстояние между шахтами, м.

Гидрогеологическая характеристика восточной группы шахт представлена в таблице, схема расположения – на рис. 1.

Гидрогеологическая характеристика восточной группы шахт

Номер шахты	Наименование шахты	Год введения в эксплуатацию	Глубина горных выработок, м	Величина шахтного водоотлива, тыс. м ³ /сут	Водопроницаемость осушенного слоя T , м ² /сут	Минерализация шахтных вод, г/дм ³	Радиус шахт, м	Средняя водоотдача, м, доли единиц	Уровнепроводность, a , м ² /сут
1	«Первомайская»	1963	180-200	12,33	132	2,9	3,0	0,1	1320,0
2	«Степная»	1965	145-250	21,0	140	3,5	3,0	0,11	1272,7
3	«Юбилейная»	1970	180-230	24,39	173	2,2	3,0	0,13	1330,8

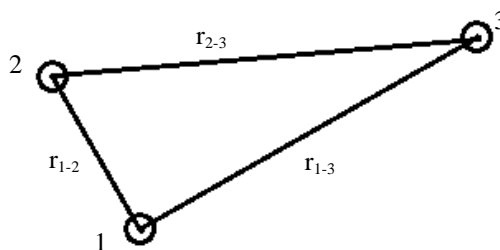


Рис. 1. Схема расположения восточной группы шахт

Результаты и их анализ. Павлоградская геолого-разведочная экспедиция в 1995 г. выполнила максимальный объем режимных наблюдений и построила для исследуемой территории фактическую депрессионную воронку с контуром 1 м понижения. Сопоставление результатов эпигнозных расчетов с данными режимных наблюдений дают возможность доказать степень адекватности модели природным условиям. Фактическая и расчетная депрессионные кривые 1 м понижения поданы на рис. 2.

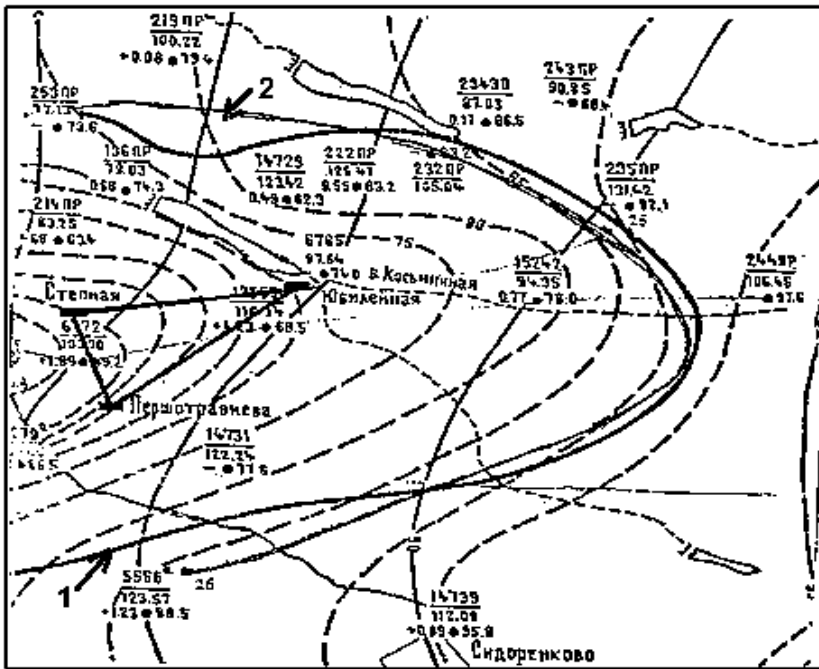


Рис. 2. Депрессионная кривая 1 м понижения гидродинамического напора: 1 – фактическая; 2 – расчетная

■ — шахты; - - - - - пьезоизогипсы водоносного комплекса палеогеновой системы;

● $\frac{14731}{122.74}$ — наблюдательные скважины: числитель – номер скважины; знаменатель – абсолютная отметка устья

Полного совпадения не было достигнуто. Погрешность приведена для точек минимального и максимального расхождения. Точка 25 расположена на расстоянии 6100 м на восток от шахты «Юбилейная» на пересечении токовой линии с изолинией 1 м понижения фактической депрессионной воронки. Расчетная длина на математической модели составляет 5628,4 м. Погрешность δ (%) находим по формуле

$$\delta, \% = \frac{C - C_1}{C} 100, \quad (8)$$

где C – результат режимных наблюдений, м; C_1 – результат теоретического решения, м;

$$\delta, \% = \frac{6100 - 5628,4}{6100} 100 = +7,7 \%$$

Данный результат является достаточно надежным подтверждением адекватности математической модели гидрогеологическим условиям исследуемого объекта.

Расчетная точка 26 расположена к югу от шахты «Первомайской» по токовой линии, перпендикулярной к депрессионной кривой. Она характеризуется максимальной погрешностью. Фактическое расстояние до линии понижения 1 м равно 3000 м, расчетное – 4200 м.

$$\delta, \% = \frac{3000 - 4200}{3000} 100 = -40 \%$$

Погрешности остальных расчетных точек изменяются в интервале приведенных результатов.

Выводы. Методика оценки адекватности модели требует дальнейшего развития и усовершенствования. Для участков с максимальной погрешностью необходима проверка, уточнение и корректировка гидрогеологических параметров путем решения серии инверсных задач и дополнительных полевых определений. Целесообразно применение методических приемов более широкого круга. На решение этих задач будут направлены наши дальнейшие исследования.

Библиографические ссылки

1. **Ermakov, V. N.** Application for dewatering flooded areas liquidated mines [Text] / V. N. Ermakov, O. A. Ulyckij // Ecology Environment and life safety. – 2003. – № 6. – P. 45–47 (in Russia).
2. **Jakovlev, E. A.** Effect of mine closure to activate processes of flooding and complexity of ecological and geological condition of the territory [Text] / E. A. Jakovlev, V. A. Sljadnev, N. A. Jurkova // Ecology Environment and life safety. – 2003. – №6. – P. 42–44 (in Russia).
3. **Mironenko, V. A.** The dynamics of groundwater [Text] / V. A. Mironenko. – M.: Nedra, 1983. – 360 p (in Russia)
4. **Yevgrashkina, G. P.** Hydrogeological aspects of the closure of mines in the Western Donbass [Text] / G. P. Yevgrashkina // Ecology Environment and life safety. – 2005. – №1. – P. 20–22 (in Russia).
5. **Yevgrashkina, G. P.** Mathematical models of hydrogeological conditions change areas in the zone of influence the mine drainage [Text] / G. P. Yevgrashkina, O. E. Kalinkina // Problems of hydrogeology at the present stage. – K., 5–6 nov., 2011 – P. 65–66 (in Ukraine).

Надійшла до редколегії 26.02.2015

УДК 622.278 + 662.73

Дослідження параметрів підземних вод на територіях високотемпературних промислових підприємств

С. В. Жолудєв

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

Встановлено можливості застосування відомих диференціальних закономірностей для вирішення практичних та теоретичних питань гідрогеології урбанізованих територій. Охарактеризовано термічний вплив промислових підприємств на підземну гідросферу й оцінено можливість застосування певних методик математичного моделювання для аналізу і прогнозу гідрогеологічних процесів територій зі значним техногенним навантаженням. Наведені результати розрахунків деяких фізичних, гідродинамічних та гідравлічних параметрів підземних вод.

Ключові слова: теплова енергія, геотехнічна система, підземні води, гідрогеологічні дослідження, геофільтраційні параметри.

Research of subsoil water parameters on industrial enterprises territories with high temperature

S. V. Zholudev

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University

The article is devoted establishment of possibility of the use of the known diferenciynikh conformities to law for the decision of practical and theoretical pitann' geohydrology of the urbanized territories. Thermal influence of industrial enterprises is described on an underground hydrosphere and possibility of application of certain methods of matimatichnogo design is appraised for an analysis and prognosis of processes of geohydrology of territories with the heavy technogenic loading. Also in-process there are the resulted results of calculations of some physical, hydrodynamic and hydraulic parameters of underwaters.

Key words: thermal energy, geotechnical system, is underground water, researches of geohydrology, geofil'traciyni parameter.

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, пр. Гагаріна, 72, м. Дніпропетровськ, 49010, Україна.

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, pr. Gagarina, 72, Dnipropetrovsk, 49010, Ukraine.
Tel.: +38-050-520-08-46. E-mail: ggf2009@ukr.net

Вступ. До проблем гідрогеологічних досліджень можна віднести недостатню вивченість факторів формування та закономірностей взаємодії численних і різних за характером впливу та інтенсивністю джерел техногенного навантаження з гідрогеологічними об'єктами, тобто відсутність даних про причинно-наслідковий взаємозв'язок у гідрогеологічній системі. Ця невизначеність може бути пов'язана із неповнотою первинної інформації відносно природних умов та недостатньою вивченістю їх можливих змін процесі експлуатації.

У сучасних умовах практично неможливо провести безперервні дослідження геофільтраційних умов промислових територій. Їх характеристики визначають дискретно, із подальшою інтерполяцією, екстраполяцією і усередненням, здійснення суттєво залежить від досвіду та інтуїції дослідників. Крім того, негативно впливає неповнота інформації щодо техногенних умов (існуючих та проектних) і можливих їх змін у ході експлуатації промислових об'єктів (динаміка витрат з водних комунікацій, характер змін умов поверхневого стоку, температурних умов тощо).

Суть роботи – з'ясувати особливості застосування методів гідрогеологічних досліджень на територіях промислових підприємств і провести приблизний розрахунок деяких гідродинамічних та гідравлічних параметрів підземних вод за цими методами.

Матеріал і методи досліджень. Під час здійснення гідрогеологічних прогнозів територію промислових підприємств необхідно розглядати перш за все як частину відкритої (тобто із взаємодією окремих її компонентів) природно-технічної системи, що складається із двох підсистем – геологічного середовища і техногенних умов, які, у свою чергу, можна розділити на системи більш низького порядку.

Слід зауважити, що на сучасному рівні забудованості територій досить складно виконати всі традиційні етапи гідрогеологічних робіт. Тому необхідно досліджувати геофільтраційні процеси навколо територій металургійних підприємств для виявлення потенційної можливості змін геофільтраційних умов за досліджуваній період за заданих природних і техногенних умов (існуючих чи проектних). При цьому визначають межі змін середніх показників об'єкта прогнозування.

Існуючі числово-аналітичні та числові методи детерміновані та забезпечують достатню точність прогнозів у тих випадках, коли відомі геофільтраційні параметри середовища та гідродинамічні умови на межах водоносних горизонтів, а також функціональний зв'язок між прогнозними значеннями та просторовими і часовими координатами [3; 7].

Оскільки з більшого первинна інформація про природні і техногенні умови на досліджуваних територіях неповна, то точність прогнозів, одержаних на основі застосування детермінованих моделей, знижується. Такі особливості можна врахувати за допомогою стохастичних методів прогнозування, під час розгляду сукупності детермінованих задач, кожна з яких відповідає деякій сукупності реалізацій можливих варіантів [1]. Для врахування стохастичного характеру гідрогеологічних досліджень можна застосовувати імовірісно-детерміновані моделі, у яких крайові умови та інфільтраційне живлення вважають випадковими величинами або функціями.

Основні диференціальні рівняння описують моделі об'єктів прогнозування як динамічну систему, на вході якої відбуваються процеси з відомими законами розподілу або статистичними характеристиками. Розв'язання задачі передбачає визначення характеристик на виході досліджуваних систем, виражених за допомогою перерозподілу гідрогеологічних параметрів шляхом застосування теорії випадкових процесів або числовими способами, включаючи імітаційне моделювання крайових умов та гідродинамічні параметри підземних вод [2; 4].

Застосування такого підходу дозволяє виконати крім суто інженерно-геологічних та гідрогеологічних завдань ще й гідравлічні, термодинамічні та екологічні. Але без урахування термічних факторів коректне виконання не можливе. Так, для металургійних підприємств тепловий вплив на геологічне середовище від печей та конвертерів становить 2000 – 2200 °С, машинобудівних – 400 – 1400 °С, аналогічна ситуація на хімічних підприємствах [10; 11].

Розглянемо зміни напружено-деформованого стану (НДС) ґрунтового масиву в разі фільтрації води в неізотермічних умовах території промислових підприємств та оцінимо його вертикальні зрушення.

Область Ω_1 – це зона водонасиченого ґрунту, а область Ω_2 – зона аерації, рівень підземних вод на глибині l_1 від водотривкого горизонту ($x = 0$). Вільну поверхню рівня ґрунтових вод (РГВ) ($x = l_1$) вважають нерухомою.

На ґрунт діє сила тяжіння, а у випадку водонасиченого ґрунту — Архімедові та фільтраційні сили. На нижній поверхні ґрунту на межі $x = 0$ задано п'єзометричний напір H_1 та температуру T_1 , а на вільній поверхні РГВ ($x = l_1$) – значення п'єзометричного напору H_2 . Значення температури T_2 задано на поверхні ґрунту ($x = l$), причому $H_2 > H_1$, $T_2 > T_1$. У результаті різниці напорів і температур відбувається перенесення тепла фільтраційним потоком. При цьому фільтрація тепла відбувається за законами Дарсі, Фіка та Фур'є.

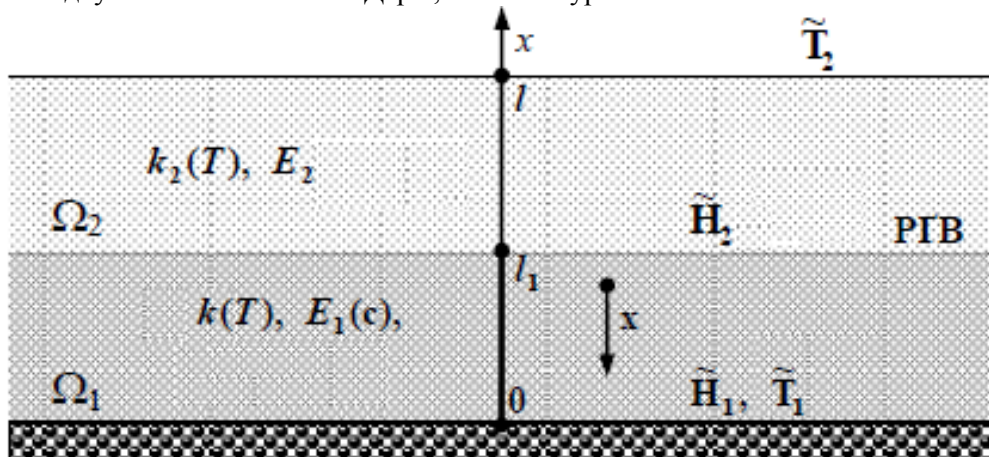


Рис. 1. Схема ґрунтового масиву в умовах тепло перенесення під час фільтрації підземних вод

Потрібно обчислити НДС із урахуванням процесів теплоперенесення за умови, що відсутнє зміщення нижньої і верхньої меж ґрунту або лише нижньої межі ґрунту.

Математична модель одновимірної задачі НДС ґрунтового масиву, що знаходиться у водонасиченому та природному станах, має вигляд [5, 8; 9]

$$\left(\frac{d^2 u_i}{dx^2} + \frac{du_i}{dx}\right) \alpha_T \frac{\partial T_i}{\partial x} = X_i, \quad (1)$$

$$X_i = \begin{cases} \gamma_{зв} + \frac{dp}{dx}, & i = 1, \\ \gamma_{пр}, & i = 2, \end{cases}$$

де $u_i(x)$ $i = 1, 2$ – зміщення в ґрунті вздовж осі OX відповідно у водонасиченому (зваженому) ($x \in (0; l_1)$ $i = 1$) та природному ($(x \in (l_1; l)$ $i = 2$) станах; X_i – масові сили; $T_i(x, t)$, $i = 1, 2$ – температура в обох шарах ґрунтового масиву, $x \in (0; l)$; $\gamma_{зв}$ – питома вага ґрунту, що знаходиться у зваженому стані; $\gamma_{пр}$ – питома вага ґрунту, що знаходиться в природному стані; p – фільтраційний тиск води, який визначають

$$p = \gamma_p(h - x), \quad (2)$$

де h – п'єзометричний напір; γ_p – питома вага рідини; α_T – середній коефіцієнт лінійного теплового розширення в інтервалі температур (T_0, T) , який визначають [6]

$$\alpha_T = \frac{1}{\bar{T}} \int_0^{\bar{T}} \alpha d\bar{T}, \quad (3)$$

де $\bar{T} = T - T_0$, $\alpha = \frac{\Delta l}{l\bar{T}}$ — коефіцієнт лінійного розширення; Δl — зміна лінійних розмірів досліджуваного зразка.

Граничні умови для зміщень мають вигляд

$$L_1 u_1(0) = 0, \quad L_2 u_2(l) = 0, \quad (4)$$

де L_1, L_2 – диференціальні оператори, що задають граничні умови відповідно за $x = 0$ та $x = l$.

Умови спряження на поверхні рівня підземних вод для зміщень

$$u_1(l_1) = u_2(l_1), \quad (5)$$

$$E_1(c) \frac{du_1(l_1)}{dx} - \alpha_T(T_1 - T_0) = E_2 \frac{du_2(l_1)}{dx} - \alpha_T(T_2 - T_0), \quad (6)$$

де $E_1(c)$ – модуль Юнга (для ґрунту, що знаходиться у водонасиченому стані), залежність якого від концентрації розчинів одержано в [6]; E_2 – модуль деформації ґрунту в природному стані.

Розв'язання задачі про зміну напружено-деформованого стану багат шарового ґрунтового масиву в результаті дії фільтраційного потоку та змін температури середовища дає можливість визначити вертикальні зрушення поверхні ґрунтового масиву (таблиця, рис. 2).

Ще одним важливим питанням є зміна властивостей підземних вод як рідини під впливом теплових процесів у зоні високотемпературного промислового виробництва. Актуальність цих досліджень полягає в безумовному впливі властивостей рідини на всі геофільтраційні, гідродинамічні та міграційні процеси у підземній гідросфері.

Таблиця

Значення вертикальних зрушень ґрунтового масиву

Стан ґрунту	x	u(x), *10 ⁻⁴
Ґрунт у зваженому стані	0	0
	0,1	-6,64277
	0,2	-1,24801
	0,3	-1,79217
	0,4	-2,03353
	0,5	-2,19563
	0,6	-2,20619
Ґрунт у природному стані	0,7	-1,97431
	0,8	-2,08038
	0,9	-2,14395
	1	-2,16503

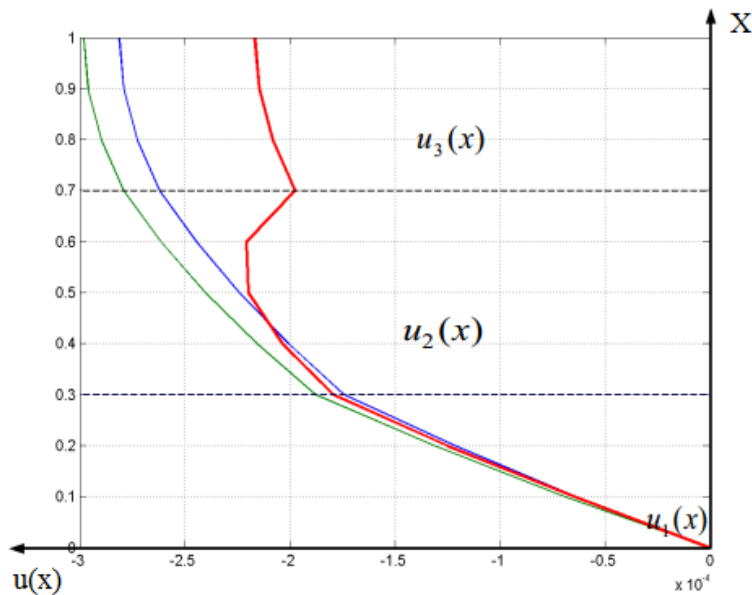


Рис. 2. Графік розподілу вертикальних зрушень ґрунтового масиву

Наявність розчиненого газу та підвищення температури збільшують стисливість води, проте вона зменшується за зростання тиску.

Густина визначають за формулою

$$\rho = \frac{\gamma}{g}, \quad (13)$$

де γ – вага одиниці об'єму води; g – прискорення вільного падіння.

Густина зменшується зі збільшенням температури й збільшується зі збільшенням тиску. Зміна густини води залежить від зміни її температури, мінералізації й складу розчинених компонентів. Наприклад, в'язкість μ прісної й слабомінералізованої води за $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ складає $1,78 \cdot 10^{-3}\text{ Па}\cdot\text{с}$, за $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $1,31 \cdot 10^{-3}\text{ Па}\cdot\text{с}$, за $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $10^{-3}\text{ Па}\cdot\text{с}$, а за $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $0,3 \cdot 10^{-3}\text{ Па}\cdot\text{с}$.

У рідині в спокійному стані тиск, прикладений до її поверхні, згідно із законом Паскаля передається без зміни у всі точки рідкого об'єму (рис. 3).

Якщо додаткові зовнішні сили відсутні, то надлишковий щодо атмосферного гідростатичний тиск p усередині рідини в спокійному стані в будь-якій точці об'єму визначають лише вагою розташованого вище стовпа рідини висотою h_p

$$p = \gamma h_p = \rho g h_p, \quad (14)$$

який дорівнює в даних умовах $0,85\text{ МПа}$.

Оскільки температура порід із глибиною змінюється, густина води також із глибиною змінюється і рідина стає неоднорідна. У цьому випадку гідростатичний тиск у ній визначають так:

$$p = g \int_0^p \rho(z) dz. \quad (15)$$

де z – вертикальна координата.

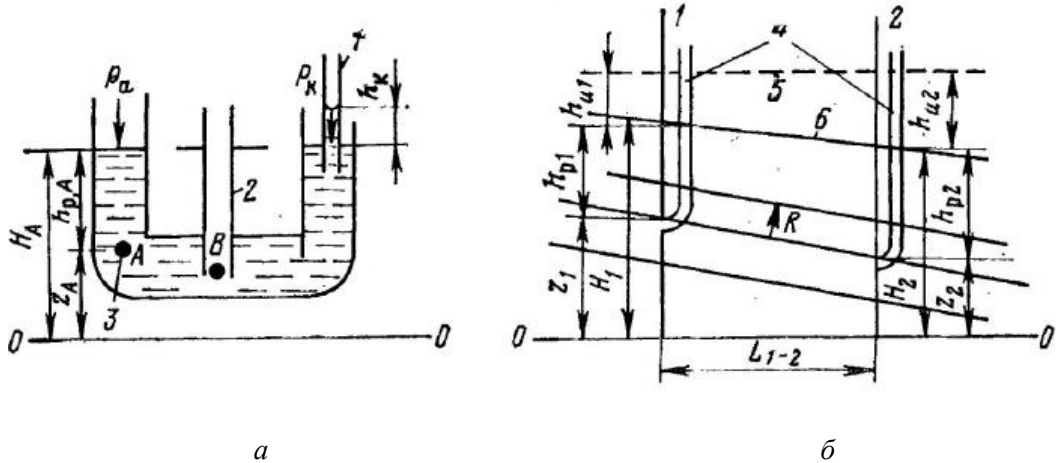


Рис. 3. Схеми гідростатичного тиску і напору (а) та гідродинамічного напору (б):

1 – капілярна трубка; 2 – вимірювальна трубка; 3 – елементарний об'єм А; 4 – трубка Піто; 5, 6 – поверхні (5 – гідродинамічних напорів ідеальної рідини, 6 – гідростатичних напорів рухливої в'язкої рідини)

Беручи за основу розподіл температури з глибиною під термічним промисловим об'єктом [10; 11] та залежність густини води від температури, можемо

прослідкувати за зміною стану води. За температури 374 °С вода сягає критичної точки й переходить у стан газів кисню та водню, далі з глибиною густина зі зниженням температури буде збільшуватися (рис. 4).

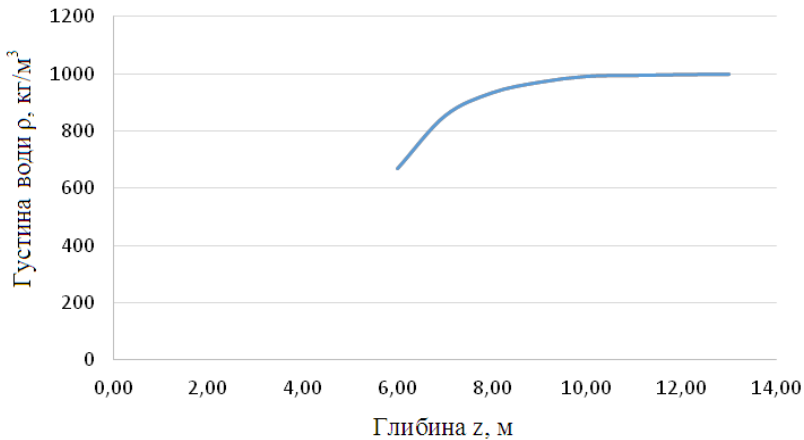


Рис. 4. Зміна густини підземних вод із глибиною під впливом зміни температури від промислового об'єктом

Зміни гідростатичного тиску за змінних значень густини рідини мають такий вигляд (рис. 5):

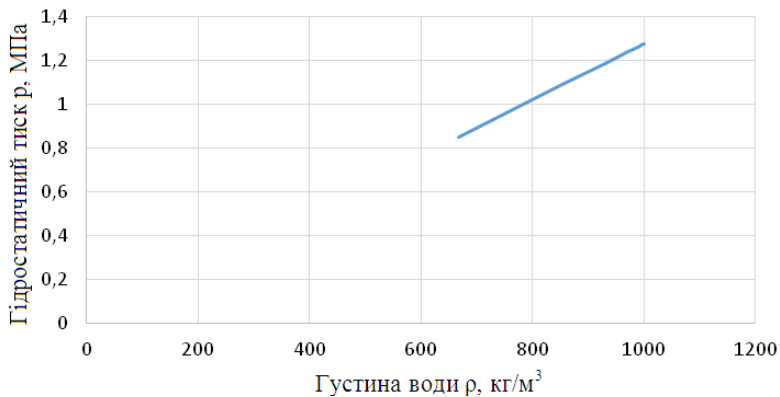


Рис. 5. Графік залежності гідростатичного тиску від густини води

Рівнодійна сила гідростатичного тиску виштовхує опущене у воду тіло з силою, що дорівнює вазі води в об'ємі тіла. Вода в капілярах утворює ввігнуті меніски; різниця тисків піднімає воду в капілярі радіусом r_K на висоту, що дорівнює згідно формулі Лапласа

$$h_K = 2\alpha_K / \rho g r_K, \quad (16)$$

до тих пір, поки не встановиться рівновага (див. рис. 3, а).

Радіус капіляра досліджуваного водоносного горизонту – $r_K = 6,75$ м. Аналізуючи результати розрахунку за (16), спостерігаємо збільшення висоти підйому води в капілярі зі зменшенням її густини, тобто з підвищенням температури геологічного середовища.

Для неоднорідних рідин в умовах, коли зі зміною глибини залягання водоносного шару відбувається зміна густини води, тобто $\gamma = f(z)$, напір стає змінною величиною і може бути поданий як приведений напір $H_{пр}$

$$H_{пр} = \frac{1}{\gamma_0} (p + \int_{z_0}^2 \gamma dz), \quad (17)$$

де γ_0 – вага одиниці об'єму води на площі порівняння z_0 (може бути взята вага одиниці об'єму прісної води); p – шаровий тиск, виміряний на глибині z .

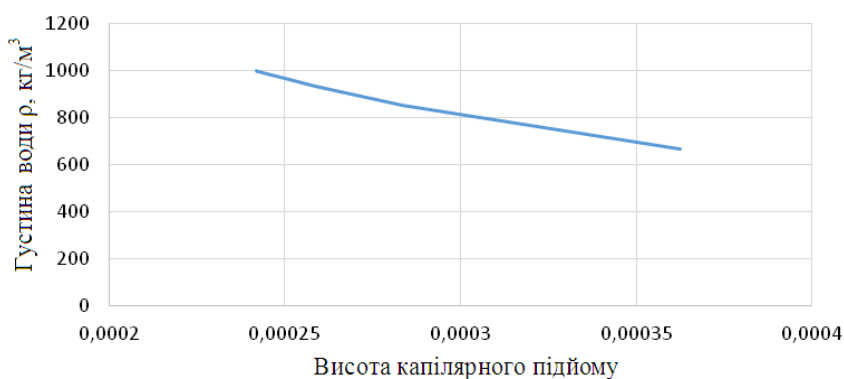


Рис. 6. Графік залежності висоти підйому води в капілярі від зміни густини води

Зв'язок градієнта напору зі швидкістю і витратою руху реальної рідини можна одержати, якщо застосовувати відомі з гідравліки значення швидкості u і витрати Q_T , які характеризують струменистий рух в'язкої рідини в трубці радіусом R . Швидкість u на відстані r від осі цієї трубки описують рівнянням

$$u = \frac{\rho g l}{4\mu} (R^2 - r^2), \quad (18)$$

із якого видно, що швидкість u поперечному перерізі трубки змінюється за параболічним законом (рис. 7)

$$u_{max} = \frac{\rho g l R^2}{4\mu}, \quad (19)$$

що в даних умовах складає 125,4 см/год.

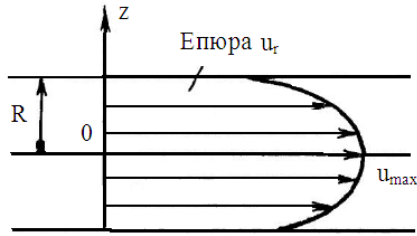


Рис. 7. Еюра швидкостей U_r за поперечним перерізом трубки при в'язкому русі рідини

У результаті одержані значення швидкості руху підземних вод для умовного піщаного водоносного горизонту, де значення γ та l становлять відповідно $19,7 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$ і 28 м, а r взято 1 – 6 м (рис. 8).

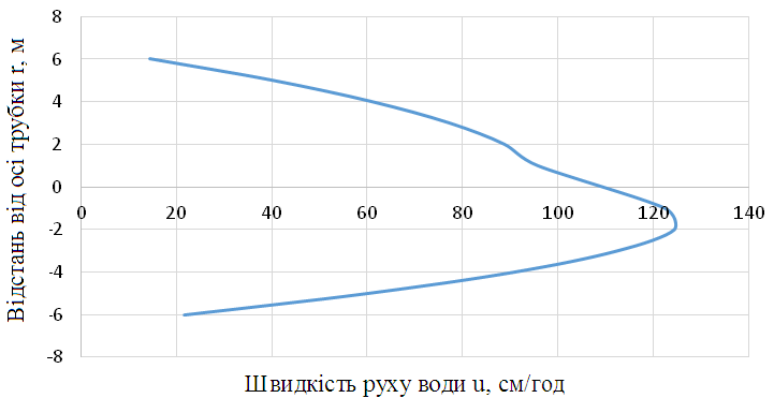


Рис. 8. Швидкість підземних вод u на відстані r від осі фільтраційної трубки радіусом R

Витрату потоку рідини Q_T у трубці визначають як об'єм тіла обертання, розріз якого показане на рис. 7.

$$Q_T = 2\pi \int_0^R u r dr = \frac{\pi \rho g R^4 l}{8\mu}, \quad (20)$$

Радіус трубки (водоносного горизонту) R дорівнює 6,5 м, μ – 1,5. У даному випадку витрата рідини Q_T становить $83225,8 \text{ м}^2/\text{год}$.

Уявімо, що всередині трубки радіусом R на відстані r від її осі знаходиться струминка з перерізом $\omega = \pi r^2$ і довжиною l . Виразимо ліву частину рівняння $\gamma \Delta H$, а праву через дотичні напруги τ , які діють по боковій поверхні $2\pi r l$, тобто $2\pi r l \tau$. У результаті одержано

$$\gamma \Delta H = \frac{2\pi l r \tau}{\pi r^2 l} = \frac{2l\tau}{r} \text{ або } \tau = 0,5\gamma r l, \quad (21)$$

Ця залежність відома як формула Гагена-Пуазейля. Середню швидкість $u_{\text{ср}}$ знаходять як відношення Q_T до площі перерізу трубки πR^2

$$u_{\text{ср}} = \frac{\rho g R^2 l}{8\mu}, \quad (22)$$

За формулою (22) середня швидкість пропорційна квадрату радіуса трубки. Вона буде дорівнювати 62,7 см/год.

У тонких капілярах вода має, крім внутрішнього тертя, додаткову структурну міцність у результаті молекулярної дії на неї твердої поверхні. Вода – в'язкопластичне тіло з початковою напругою зсуву τ_0 . У цьому випадку вважають, що структурні (молекулярні) зв'язки за перетином породи розподілені рівномірно. Для таких умов дотична напруга згідно із законом в'язкопластичної течії (закон Бінгама-Шведова) може бути виражена таким чином (рис.9)

$$\tau = \tau_0 + \mu \left| \frac{du}{dn} \right|, \quad (23)$$

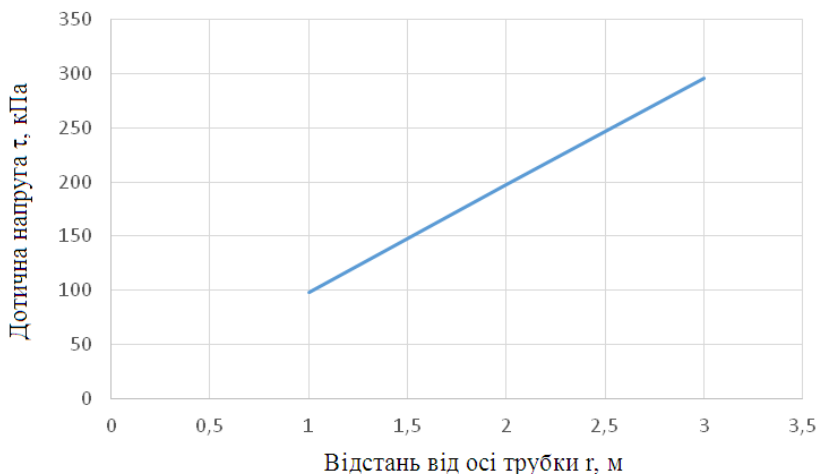


Рис. 9. Графік залежності значень дотичної напруги за ступенем віддалення від осі трубки

Як бачимо з (23), за $\tau < \tau_0$ рух відсутній: рідина буде рухатися лише за умови $\tau > \tau_0$. Змінам значень дотичної напруги τ відповідатимуть зміни фізико-механічних властивостей підстильних порід. Якщо до торців капіляра радіусом R і довжиною l прикладена різниця напорів $H_1 - H_2$, то рівнодійна сила гідростатичного тиску дорівнює $P = \rho g (H_1 - H_2) \pi R^2$. Можна знайти початковий градієнт потоку I_0 , який відповідає моменту початку руху води

$$I_0 = \frac{H_1 - H_2}{l} = \frac{2\tau_0}{\rho g R} = \frac{2\tau_0}{\gamma R}. \quad (24)$$

Одержане в результаті розрахунків значення I_0 для даних умов складає 1.5 м.

Висновки. Проаналізувавши існуючі методи та обчисливши за цими методиками кілька суттєвих фізичних, гідравлічних та гідродинамічних параметрів гідрогеологічного середовища, ми встановили, що:

- за постійної температури зміна тиску викликає зміну початкового об'єму води згідно із законом Гука;
- наявність розчиненого газу та підвищення температури збільшують стисливість води;
- густина зменшується зі зростанням температури й збільшується зі зростанням тиску;
- зміна в'язкості води залежить від зміни її температури, мінералізації і складу розчинених компонентів.

Було розраховано:

- значення вертикальних зрушень ґрунтового масиву;
- зміни густини підземних вод із температурою;
- гідростатичний тиск p усередині рідини в спокійному стані в будь-якій точці об'єму;
- гідростатичний тиск у разі зміни температури порід із глибиною та густини води за умови неоднорідної рідини;
- висоту підйому води в капілярі за допомогою формули Лапласа;
- швидкість потоку підземних вод u на відстані r від осі трубки;
- за залежністю Гагена-Пуазейля – середню швидкість u_{cp} і витрати рідини Q_T у трубці;
- початковий градієнт потоку підземних вод I_0 .

Таким чином, результати розрахунків демонструють безпосередній вплив зміни термічного режиму підземних вод територій, прилеглих до високотемпературних промислових об'єктів, на гідрогеологічні умови та підтверджують необхідність урахування теплових процесів у ході гідрогеологічних й інженерно-геологічних досліджень.

Бібліографічні посилання

1. **Bolgov, M. V.** Statistical analysis of the under flooding built territories [Text]/ M. V. Bolgov, E. S. Dzekcer, V. E. Pisarenko. – 1998. – Vol. 25, № 5. – P. 534–540.
2. **Borovkov, A. A.** The theory of chances Course [Text]/ A. A. Borovkov. - M.: Science, 1977. – 287 p.
3. **Dzekcer, E. S.** Probabilistic-deterministic hike to hydrogeological prognostication. In «The bases of underwater natural and broken hydrogeological terms prognosis» [Text]/ E. S. Dzekcer, Y. E. Mironov. - M.: PNIIS, 1986.
4. **Ermakov, S. M.** The course of statistical modeling [Text]/ S. M. Ermakov, G. A. Mikhaylov. – M.: Science, 1976. - 319 p.
5. **Filatov, I. A.** The mathematical modeling of tensely deformed state of multi-layered ground array with subsoil waters level [Text]/ I. A. Filatov // The Announcer of the Kyiv university. Ser. physical and mathematical sciences. – K., 2008. – Vol. 1 – P. 161 – 165.
6. **Kuzlo, M. T.** The research of salt solutions concentration influence and soils deformation parameters [Text]/ M. T. Kuzlo // The Announcer of the National university of water industry and ecology. – Rivne, 2006. – Vol. 4 (36), ch. 2. – P. 209 – 214.

7. **Rozanov, Y. A.** The casual processes [Text]/ Y. A. Rozanov - M.: Science, 1979. – 245 p.

8. **Vlasyuk, A. P.** About some new mathematical models of underground hydromechanics [Text]/ A. P. Vlasuk // The Announcer of the Rivne State technical university. – Rivne, 2000. – Vol. 3 (5), ch. 2. – P. 57 – 62.

9. **Vlasyuk, A. P.** The mathematical design of tensely deformed state of the multi-layered ground array with presence of heat transferees and subsoil waters [Text]/ A. P. Vlasyuk, N. A. Fedorchuk // Theses of lectures of XII academy M. Kravchuk International science conference. — K., 2008. — P. 73.

10. **Zholudev, S. V.** The underground gasification and incineration of brown coal with use of underwater [Text]/ S. V. Zholudev// The Announcer of the Dnepropetrovsk university. Ser. of geology and geography.– 2004. – Vol. 6, № 8. – P. 31 – 34.

11. **Zholudev, S. V.** The ground of brown coal underground gasification and incineration with use of subsoil waters [Text]: autoref. of Candidate of tech. Sciences / Zholudev S. V. – 2008. – 19 p.

Надійшла до редколегії 27.02.2015

УДК 622.278 + 662.73

Оцінка можливості використання підземних вод зони термічного впливу промислових підприємств

С. В. Жолудєв

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара.,

Проаналізовано гідродинамічні особливості нагрітих підземних вод. Доведено, що води термічної зони високотемпературних промислових об'єктів мають достатньо високі теплові характеристики і їх можна застосовувати у відомих схемах теплових pomp та породних акумуляторів із мінімальними модифікаціями.

Ключові слова: теплова енергія, геотехнічна система, підземні води, теплова помпа, породний акумулятор.

The possibility estimation of the thermal underwater affected by industrial enterprises for using

S. V. Zholudev

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University

The analysis of hydrodynamic features of the heated underwater is in process conducted and it is well-proven that water of thermal area of high temperature industrial objects has high enough thermal parameters and can be used in the well-known heat-pumping and soil heat accumulators technologies with minimum modifications.

Key-words: thermal energy, geotechnical system, underground water, heat-pump, soil heat accumulator.

Вступ. Як рідкі рухомі теплоносії можна використовувати розплави металів, солі та інші середовища [9]. За наявності термічних підземних вод їх також можна використовувати як кондиційні низькопотенціальні теплоносії, але застосування такої теплової енергії пов'язане з деякими труднощами, однією з яких є відносно

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, пр. Гагаріна, 72, м. Дніпропетровськ, 49010, Україна.

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, pr. Gagarina, 72, Dnipropetrovsk, 49010, Ukraine.
Tel.: +38-050-520-08-46. E-mail: ggf2009@ukr.net

малий тепловий потік. Тому для його вилучення необхідно розробити методи і засоби концентрації та передачі. Наприклад, за допомогою системи природних або штучних каналів і технічних засобів, що забезпечують виведення теплоносія із надр на земну поверхню. Водоносний горизонт по суті – породний, тобто штучний теплообмінник, що являє собою ділянки масиву гірських порід зі штучно підвищеною температурою (доменна піч, конвертер тощо) [3]. Таким чином, підземні води в області термічного впливу доменної печі можна назвати рухомим теплоносієм. Нижче зображено приблизну схему подібного процесу (рис. 1).

Матеріал і методи досліджень. За наявними даними фундаменти високотемпературних об'єктів розміщуються як правило на глибинах, де підземні води знаходяться у перегрітому стані. Залежно від ступеня теплового забруднення ця глибина може сягати 10 – 13 м, а в умовах гомогенного середовища – 20 м [10].

Підземні води даної термічної зони знаходяться у стані бінарної (газованої) рідини або газоподібному стані, оскільки її температура має показники вищі за температуру критичної точки води. Вплив водяної пари настільки значний, що поділ фаз враховують у всіх термічних і газогідродинамічних обчисленнях [8].

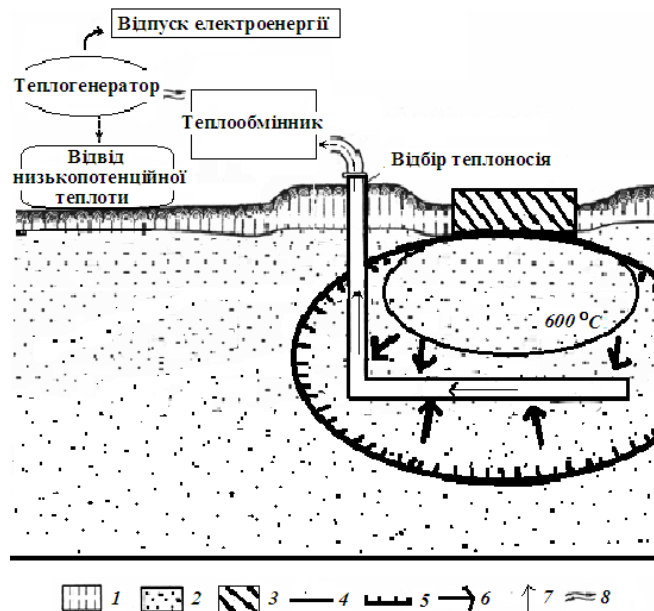


Рис. 1. Схема відбору теплоносія зони термічного впливу промислового підприємства:

1 – поверхневий шар; 2 – піски; 3 – фундамент; 4 – ізотерна 600 °C; 5 – межа зони термічної дії; 6 – напрям руху теплоносія; 7 – виведення теплоносія на поверхню; 8 – циркуляція теплоносія в наземній частині

Двофазний потік фільтрує через прогріту товщу порід і продовжує перебувати в зоні теплового впливу підприємства. Отже, на цій ділянці теплових втрат немає, навпаки, можливе додаткове нагрівання.

У горизонтальному і вертикальному водовідбірних каналах свердловини або галереї режим двофазного потоку зберігається. Для підземної води як теплоносія вона досить добре моделює перетин двофазних однокомпонентних середовищ (водяна пара - вода) за адиабатної течії. У разі підведення тепла від доменної печі ситуація буде майже така сама, тому спочатку розглянемо випадок відсутності теплового впливу [1, 2].

Розрізняють шість основних режимів потоку двофазних середовищ: бульбашковий, снарядний, відшарований, дисперсно-кільцевий, емульсійний, збагачений дисперсно-кільцевий. Крім зазначених виділяють проміжні – різновиди шести основних типів [11]. Формування того чи іншого режиму потоку залежить від низки умов і фізичних характеристик: витрат фаз, орієнтації потоку в просторі, геометрії каналу, поверхневого натягу рідкої фази, щільності й в'язкості фаз.

У необігрітому каналі з малими витратами двофазної суміші і малим паровмістом пар розподіляється в потоці у вигляді окремих невеликих бульбашок (бульбашковий режим). У разі зростання швидкості потоку бульбашки концентруються в приосьовій частині труби і має місце дисперсно-кільцевий режим, за якого одна частина рідини тече уздовж стінок каналу у вигляді плівки, а інша розподілена в газовому потоці у вигляді крапель. Товщина плівки рідини нерівномірна по периметру. Межі окремих режимів визначають досить умовно.

Випадок, коли на теплоносій термічно впливає, наприклад, доменна піч, оскільки водозабірний канал (труба) одним кінцем перебуває в області теплового впливу доменної печі й по всій своїй довжині слугує своєрідним нагрівальним елементом, більш складний. На стінці каналу відбувається поверхнєве кипіння, кількість пари безперервно зростає і вона рухається вздовж поверхні. Пристінний шар у даному випадку також двофазний, а бульбашки, що утворюються в ньому, руйнуються через конденсацію в недогрітих шарах рідини. Таким чином, тепло передається ядру потоку і вниз за течією недогрів зменшується.

У момент досягнення рідиною температури насичення настає бульбашковий режим. По всьому каналу бульбашки пари починають рухатися в потоці насиченої рідини. Далі зі збільшенням паровмісту потік двофазного середовища розділяється на два потоки: на поверхні каналу тече плівка рідини, а в приосьовій зоні рухається пара із краплями рідини (дисперсно-кільцевий режим). Але в умовах руху по трубі, яка нагрівається, він має деякі відмінності від адіабатного потоку.

За дисперсно-кільцевого режиму відбувається безперервний масообмін між плівкою рідини і рідкою фазою в ядрі потоку, тобто частина рідини з ядра потрапляє на плівку під дією турбулентних пульсацій, а з поверхні плівки падають нові краплі, які, у свою чергу, потрапляють у ядро. У разі підведення тепла ця рівновага порушується: випадає рідини менше, ніж відноситься, тобто плівка поступово тоншає. Згодом плівка руйнується і настає емульсійний режим течії, за якого плівки на поверхні немає і весь потік складається з пари, що містить краплі рідини.

За досить значну довжину каналу і перепадах температур на його кінцях можна спостерігати явище, коли температура води, яку відкачують, нижча температури стінок водозабірної труби. При цьому структура двофазного потоку змінюється. У ядрі тече недогріта рідина, а уздовж стінок – парорідинна емульсія, тобто паровий потік із краплями рідини. Такий режим називають збагаченим дисперсно-кільцевим і він для нашого випадку малоймовірний, враховуючи порівняно невелику довжину шляху фільтрації.

Очевидно, що процеси, які відбуваються на цьому етапі транспортування, не знижують енергію теплоносія. Більше того, можна припустити, що вони певним чином «приспосовують» його до споживання енергогенеруючою установкою, збільшуючи паровміст. Ці висновки ґрунтуються на вивченні теоретичних закономірностей і мають якісний характер.

У разі підведення тепла від нагрітого доменною піччю геологічного

середовища в горизонтальному каналі спостерігаються ті ж режими, що й у вертикальному, і, крім того, за малих масових витратах можливі розшаровані режими. Припустити, що в даному випадку не буде відбуватися особливого охолодження теплоносія. Але цей варіант компонування можна розглядати окремо [10].

За хвильового режиму мають місце розглянуті режими течії потоку із розшаруванням і його модифікацією [5, 6]. За будь-якого паровмісту потоки пари і рідини розділяються (відшарований режим). Поверхня розділу фаз у цьому випадку лише за досить малих витратах плоска. Зі зростанням швидкості на поверхні утворюються хвилі, амплітуди і довжини яких залежать від швидкостей фаз і їх фізичних властивостей. За великих швидкостей амплітуда хвилі сягає величини порядку діаметра труби, і потік має знярядний характер, тобто в потоці рідини є великі вкраплення пари (знаряди), розділені рідкими перемичками. Парові об'єми зміщені до верхньої частини труби, де плівка рідини тонша. За досить великого тиску може відбуватися зміна рівня концентрації пари, достатня для переходу від бульбашкової структури до туманоподібної. У результаті утворюються два супутніх потоки – двофазний туманоподібний біля стінки і краплиннорідкий у центральній частині каналу. Аналітичне дослідження подібних двофазних течій із багатьох причин утруднено через необхідність знати точний розподіл меж фаз [7]. Але за відносно малих швидкостей руху води та невеликого тиску, які саме і пропанують застосовувати, ці явища не спостерігаються.

Отже, можна зробити висновок про потенційну можливість використання підземних вод як кондиційного теплоносія. Більше того, подібне технічне рішення дозволяє застосовувати загальновідому технологію теплової помпи з деякими змінами.

Теплова помпа – це компактна енергетична установка, основна відмінність якої від інших генераторів теплової енергії, наприклад електричних, газових і дизельних, полягає в тому, що в ході вироблення тепла до 80% енергії «втягується» з навколишнього середовища. Теплова помпа «викачує» енергію, накопичену в ґрунті, скельній породі, водоймах і навіть повітрі.

Зовнішній контур теплової помпи збирає теплову енергію навколишнього середовища. Ґрунт добре акумулює енергію, але джерелом тепла можуть бути і підземні води. Для їх використання необхідно побудувати мережу водовідбірних та скидних свердловин і виробок.

Технологія теплової помпи розрахована на відносно низькі температури, порівняно з тепловим полем високотемпературних промислових об'єктів. Щоб перетворити температуру фреону з + 8 °С, яку він отримує із ґрунту, на + 75 °С, потрібно стискати його в компресорі до 26 атмосфери. Після віддавання контуром тепла необхідно застосувати дросельний пристрій для зниження тиск знову до 4 атмосфер.

Оскільки в нашому випадку теплоносієм (підземні води) має температуру, значно вищу за температуру звичайного ґрунтового режиму без техногенного впливу, теплову помпу можна значно спростити – установити компресор набагато меншої потужності, якої б вистачило для циркуляції розчину в контурі без збільшення тиску, і прибрати дросельний пристрій; оскільки тиск не **збільшувався, немає потреби його знижувати для скидання відпрацьованого теплоносія.**

У разі використання ґрунту з температурою + 8 °С як джерела тепла зовнішній контур, що збирає тепло навколишнього середовища, опускають у

свердловину на 50 – 100 м (вертикальний теплообмінник) або закопують на глибину 1,2 – 2 м (горизонтальний теплообмінник). Якщо ж теплова помпа братиме тепло із зони теплового впливу промислового підприємства, такі глибини не потрібні. Достатньо буде розмістити контур, що збирає тепло, у межах термічної зони промислового об'єкта, розмір якого не залежить від сезонного фактора і не змінюється упродовж року.

Ще одним із варіантів можливого використання прогрітих підземних вод термічної зони промислового підприємства може бути схема так званого «породного акумулятора» (рис. 2).

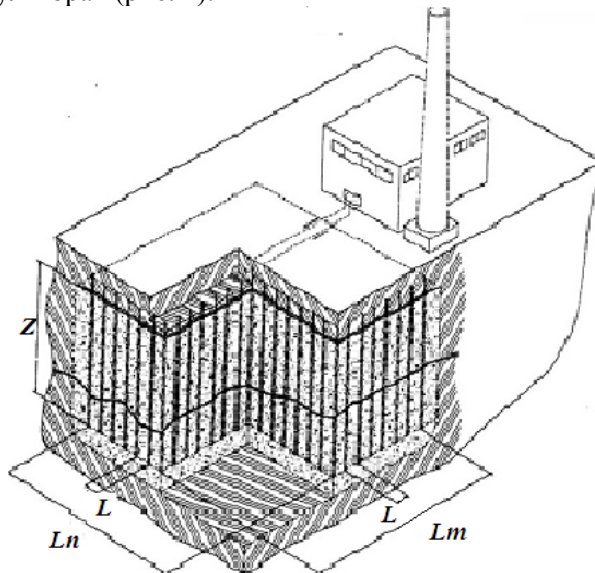


Рис. 2 Схема породного акумулятора:

Z – висота (глибина) акумулятора; L_n – ширина теплообмінників;
 L_m – довжина теплообмінників; L – крок між теплообмінниками

Застосування даної схеми передбачає будівництво мережі спеціальних свердловин, що збирають термічно і хімічно забруднену підземну воду, яку фільтрують через систему радіаторів, у якій її очищують та готують для подальшого використання як теплоносія. Застосування цієї технології дозволяє отримати не лише кондиційний рухомий теплоносій, але і допомагає відбирати хімічні речовини, що забруднюють геологічне середовище, насамперед підземні води. Крім економічної вигоди від отримання теплової і електроенергії також можливо додатково отримувати прибуток від очищення підземних вод за рахунок виділення із них цінних хімічних сполук (алюмінію, заліза тощо), які завжди вважали промисловими хімічними забруднювачами.

Сам процес очищення достатньо простий. Регулюючи зниження рівня підземних вод, можна контролювати непоширення забруднення. Система флокуляції та окиснення складається з чотирьох блоків: флокуляційної камери, трубчастого відстійника, пісочного фільтра, камерного відстійника. Для збільшення рН та осадження важких металів у підземній воді у флокуляційній камері додають гідроксид натрію, розчин хлору і полімер. Гідроксид натрію реагує з важкими металами з утворенням гідроксиду металу у вигляді твердого осаду.

Очищені води будуть виділятимуться із флокуляційної камери до трубчастого відстійника, де тверді частинки осідатимуть. Потім воду фільтрують

під тиском для видалення твердого осаду, який і є первинна сировина для отримання корисних хімічних сполук [4].

Висновки. Таким чином, побічний ефект промислового виробництва – термічно й хімічно забруднені підземні води – можна ефективно застосовувати в енергетиці і для очищення геологічного середовища за мінімальних додаткових звитрат на концентрацію, транспортування та отримання корисного продукту за рахунок застосування відомих технічних пристроїв – теплової помпи або породного акумулятора.

Бібліографічні посилання

1. **Belyaev, N. M.** The Thermodynamics [Text]/ N. M. Belyaev. – K.: Higher school, 1987. – 344 p.
2. **Belyaev, N. M.** The bases of heat transfer [Text]/ N. M. Belyaev. – K.: Higher school, 1989. – 343 p.
3. **Dikiy, N. A.** The energy devises of geothermal power plants [Text]/ N. A. Dikiy. – K.: Higher school, 1989. – 198 p.
4. **Glushkov, A. I.** The environment protection under underground coal gasification [Text]/ A. I. Glushkov, B. I. Kondyrev. – Novosibirsk, 1994. - 129 p.
5. Hydrodynamics and heat exchange of mono- and biphasic streams [Text]/ ed. L. N. Schukina // Trudy of Moscow energy institute № 131. – M., 1986. – 162 p.
6. Hydrodynamics and heat exchange of mono- and biphasic streams [Text]/ ed. L. N. Schukina // Trudy of Moscow energy institute №132. – M., 1987. – 132 p.
7. **Sou, S.** The hydrodynamics of multiphase systems [Text]/ S. Sou; english trans. by V. S. Danilin [et al]. – M.: The World, 1971. – 536 p.
8. The Earth heat and its extraction [Text]/ A. N. Scherban [et al]. – K.: Nauk. dumka, 1974. – 262 p.
9. The energy production and distribution system of industries: tutorial [Text]/ ed. A. P. Nesenchuka. – Mn.: Higher school, 1989. – 279 p.
10. **Zholudev, S. V.** The ground of brown coal underground gasification and incineration with use of subsoil waters [Text]: autoref. of Candidate of tech. Sciences / Zholudev S. V. – 2008. – 19 p.
11. **Zysin, I. A.** The Hydraulics of vapor-liquid flows. tutorial [Text]/ I. A. Zysin, E. L. Kitanin. – L.: LPI publishing, 1973. – 76 p.

Надійшла до редколегії 27.02.2015

УДК 549.0;8: (552.5)

Літологія та можливості комплексного використання сучасного алювію Дніпра

В.В. Іванченко*, М.В. Беліцька*, І.В. Гаврилюк**

**Національна академія наук України, відділення морської геології та осадового рудоутворення, Кривий Ріг*

***Державна служба геології та надр України, Сімферополь*

Вивчено мінералогію донних відкладів Нижнього Дніпра. Визначено мінерали цирконію, рідких земель (монацит), титану, гранатів тощо; також виявлені золото, срібло і алмази. Крім типових уламкових зерен встановлена компонента аутигенних новоутворень осаду – пірит, марказит, карбонати, гетит. Виявлена постійна присутність часточок шлаків, шлаків, вогнетривів, металургійного графіту, шпінелі, скляних і рудних куль – індикаторів техногенного забруднення довкілля. Пошуковий інтерес мають золото, циркон, ільменіт, рутил, монацит, алмаз. При попутному видобутку можуть використовуватись мінерали легкої фракції: кварц, каолінит та інші глинисті мінерали, а також мушлевий детрит та вапняки.

Ключові слова: алювій, літологія, мінералогія, електронна мікроскопія, седиментація, Дніпро, розсипи.

Litology and possibilities of comprehensive using modern alluvium Dnieper

V.V. Ivanchenko*, M.V. Belitska*, I.V. Gavriliuk**

**Department of marine geology and sedimentary ore formation of NAS of Ukraine, Krivoy Rog, Ukraine*

***State Service of Geology and Mineral Resources of Ukraine, Simferopol, Ukraine*

Studied mineralogy of bottom sediments of the Lower Dnieper. The identified minerals zirconium, rare earths (monazite), titanium, grenades, etc., is finding gold, silver and diamonds. In addition to typical detrital grains tumors installed component authigenic sediment - pyrite, marcasite, carbonates, goethite. The observed constant presence of particles of sludge, slag, refractory,

Національна академія наук України, відділення морської геології та осадового рудоутворення, вул. Пушкіна, 37, Кривий Ріг, 50000, Україна. E-mail: vvivanchenko@ukr.net

Державна служба геології та надр України, вул. Беспалова 47, Сімферополь, Крим, 95710, Україна. State Service of Geology and Mineral Resources of Ukraine, Bepalov 47, Simferopol, Crimea, 95710, Ukraine.

Tel.: +380 (652) 54-50-81 E-mail: geotem@mail.ru

metallurgical graphite, spinel, glass and ore balls - indicators of anthropogenic pollution. Search interest with gold, zircon, ilmenite, rutile, monazite, diamond. When passing extraction can be used light fraction minerals: quartz, kaolinite and other clay minerals and mushlevyy detritus and limestone.

Key words: alluvium, lithology, mineralogy, electron microscopy, sedimentation, Dnieper, deposits.

Вступ. Дніпро – четверта за довжиною ріка Європи. Природна довжина її русла становила 2285 км, а в урегульованому стані скоротилася до 2201 км. Водозбірна площа ріки – 504 000 км² [3]. На ній розташовані та відпрацьовуються численні родовища рудних і нерудних корисних копалин. Із них та із різних за віком гірських порід до річкового осаду потрапляє і накопичується широкий спектр мінералів. У результаті урбанізації водозбірної площі та діяльності промислових підприємств природні мінеральні асоціації алювію доповнилися техногенно зміненими та техногенними часточками шлаків, шламів, вогнетривів, будівельних матеріалів, побутових відходів тощо. Численні дамби на Дніпрі та її притоках уповільнили течію і призвели до замулення річищ. У нижній течії Дніпра частково поглиблюють русло для забезпечення судноплавства, наминають штучні острови. Природні та пов'язані з діяльністю людини процеси вплинули на склад і будову донних відкладів Дніпра, що потребує проведення додаткових літологічних досліджень, пошукових і технологічних робіт, переоцінки перспектив їх комплексного використання [1–13].

Завдання даної роботи – визначення стану сучасних алювіальних відкладів Дніпра та можливості їх комплексного використання.

Об'єкт досліджень – ділянка річища в нижній течії Дніпра. Проби алювію відібрані з дна ріки у профілі, що перетинає долину від лівого берега (с. Корсунка) до правого (с. Львова), а також із керна свердловин глибиною від 2–4 м на природному і штучному островах і до 36 м на заплаві.

Методика досліджень включала бурові роботи, опробування керна й дна річки (підводні роботи з аквалангом), відмивання «сірого шліху», розділення його у бромформі та методами магнітної сепарації, мінералогічний, електронно-мікроскопічний, мікророндовий аналіз.

Результати роботи. За даними ситового аналізу розмір часточок осаду змінювався від 0 до понад 100 мм (рис.1, табл. 1). У верхній частині алювіального розрізу він відповідає замуленим олігоміктовим кварцовим алевритопіскам, а в нижніх приплотикових ділянках і під правобережними кручами складається зі щебеню та гальки вапняків. Літологічний розріз природного острова додатково містить прошарки сіро-зелених глауконітових і строкатих гідрослюдистих глин потужністю 0,4–0,8 м. Штучний острів за результатами бурових робіт складається з однорідної пухкої обводненої суміші кварцового піску та мушлевого детриту.



Рис. 1. Галька, гравій та пісок із алювіальних відкладів Дніпра (лівобережна заплава в районі с. Корсунка)

Таблиця 1

Усереднений гранулометричний склад донного осаду Дніпра в районі дослідження

Клас крупності	Вихід, %
+40	34,09
+20	10,97
+10	16,20
+5	3,33
+2,5	2,06
+1,25	2,35
+0,63	2,69
+0,315	2,98
+0,200	1,62
+0,160	0,79
+0,125	1,34
+0,080	2,01
+0,040	5,28
-0,040	14,32

Легка фракція осаду складається переважно із зерен кварцу й кальциту у вигляді уламків кристалів, друз, кірок, жовн, а також перевідкладених і сучасних мушель.

У важкій фракції діагностовано такі мінерали: алмаз, альмандин, андалузит, апатит, барит, біотит, бронза, гематит, гетит, графіт, дістен, залізо металеве, золото, ільменіт, кордієрит, лейкоксен, магнетит, магнітні кульки, марказит, мідь природна й техногенна, монацит, муасаніт, пірит, піроп, рубін, рутил, свинець і олово (сплав), срібло самородне, сфен, турмалін, епідот, хроміт, циркон, кульки скляні, шпінель.

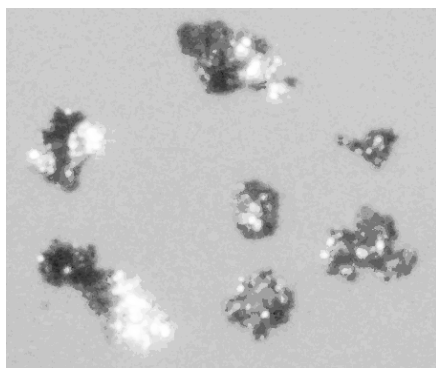
Золото виявлено у складі плотика та надплотикових відкладах, вище за розміром зустрічається рідко. Розмір укралень золота змінюється від 0,03 мм до 0,18 мм (рис. 2, а; табл. 2). В асоціації із золотом у досліджуваних пробах зустрічаються самородна мідь, срібло, сульфіди.

Мідь утворює луски, кутасті, видовжені та закручені зерна, грудочки, дендрити від 0,02 мм до 0,7 мм жовто-червоного, сіро-коричневого кольору

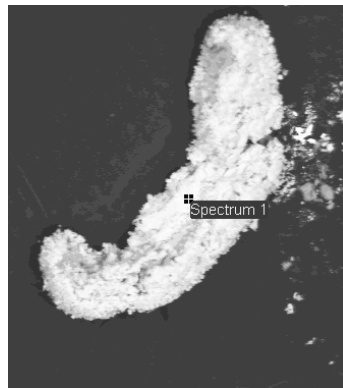
(рис. 2, б) у «сорочці» з червонувато-бурих окисів і синьо-зелених вторинних карбонатів і гідрокарбонатів міді. Плівка вторинних мінералів легко розчиняється в розбавленій соляній кислоті, звільнюючи пластинки металу яскраво-червоного кольору (рис. 2, в).

У досліджуваних пробах у невеликих кількостях постійно зустрічаються сульфіди, в основному пірит і марказит. Пірит морфологічно дуже різноманітний, навіть у межах однієї проби. Зустрічаються уламкові частково обкатані зерна, кубічні кубооктаедричні та кубододекаедричні кристали, натічні утворення піриту у вигляді сферолітів, трубочок й інших стяжінь (рис. 2, з-д). Вони асоціюють із натічними агрегатами марказиту й утворюють із ним поступові переходи. До складу дрібнозернистих піритових агрегатів входять також карбонати й інші новоутворені мінерали річкового осаду. Марказит зустрічається також у вигляді ідіоморфних видовжених та сплюснених монокристалів (рис. 2, е). Рідко зустрічається ідіоморфні кристали арсенопіриту (рис. 2, ж).

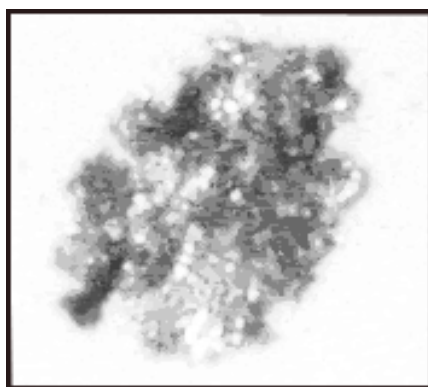
Практично в кожній пробі наявні дрібні обкатані зерна ільменіту, рутилу, циркону, берилу та інших розсіпоутворювальних мінералів (рис. 2, з-і), а також жовна, натічні агрегати гетиту, землісті маси лімоніту.



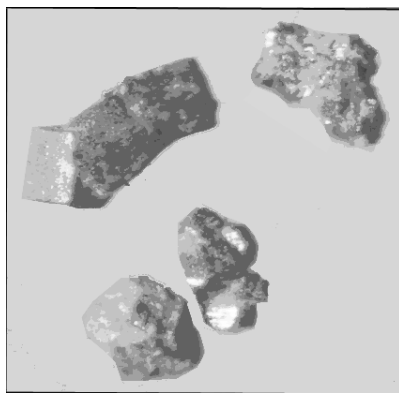
a



б

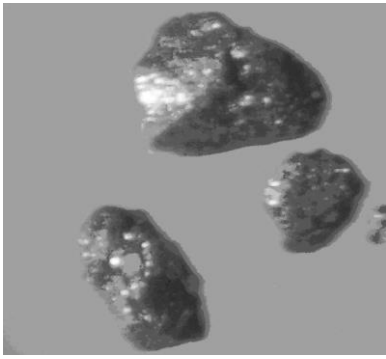


в

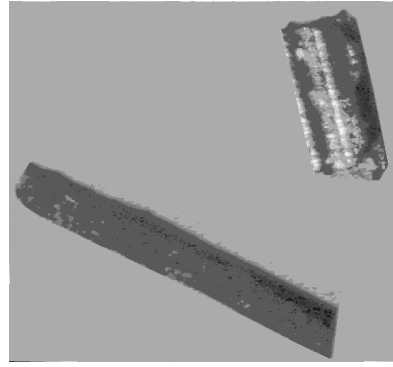


г

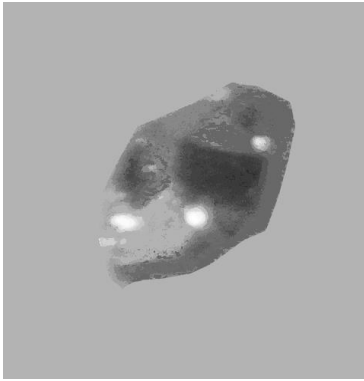
Рис. 2. Природні мінерали важкої фракції алювію Дніпра



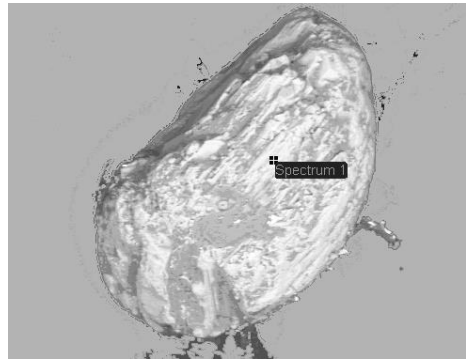
д



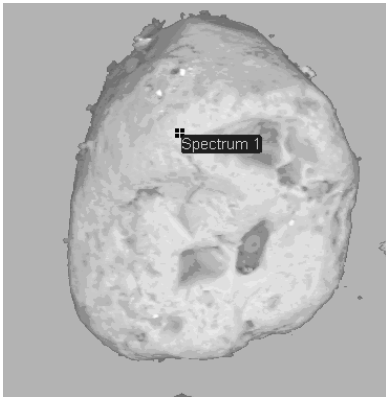
е



ж



з



и

Рис. 2. Природні мінерали важкої фракції алювію Дніпра:

a – луски «тонкого» золота; *б* – мідь самородна в «сорочці» із вторинних сульфідів і оксидів міді; *в* – луска самородної міді після травлення в слабому розчині соляної кислоти; *г* – зростки ідіоморфних кристалів піриту; *д* – частково обкатані зерна уламкового піриту; *е* – видовжені та сплюснені кристали лімонізованого марказиту; *ж* – кристал арсенопіриту; *з* – лейкоксенізований рутил; *и* – обкатане зерно циркону із вкрапленнями кварцу; *a, в-ж* – бінокуляр; *б, з, и* – растрова електронна мікроскопія. Збільшення: *a, и* – 200^x; *б* – 160^x; *в* – 300^x; *г, е* – 40^x; *д* – 45^x; *ж, з* – 100^x

Асоціацію природних мінералів доповнено мінеральними часточками промислового походження. Гексагональні або неправильної форми луски металургійного графіту покриті тонкою плівкою залізистих карбонатів (рис. 3, *a*). Залізо-хром-магнієва шпінель утворює ідіоморфні гексоктаедричні кристали (рис. 3, *б*). Бронза – у вигляді кутастих та частково обкатаних зерен (рис. 3, *в*). Наявні також уламки металургійного скла і шлаку (рис. 3, *з*), полікомпонентні за хімічним складом магнітні кулі (рис. 3, *д*).

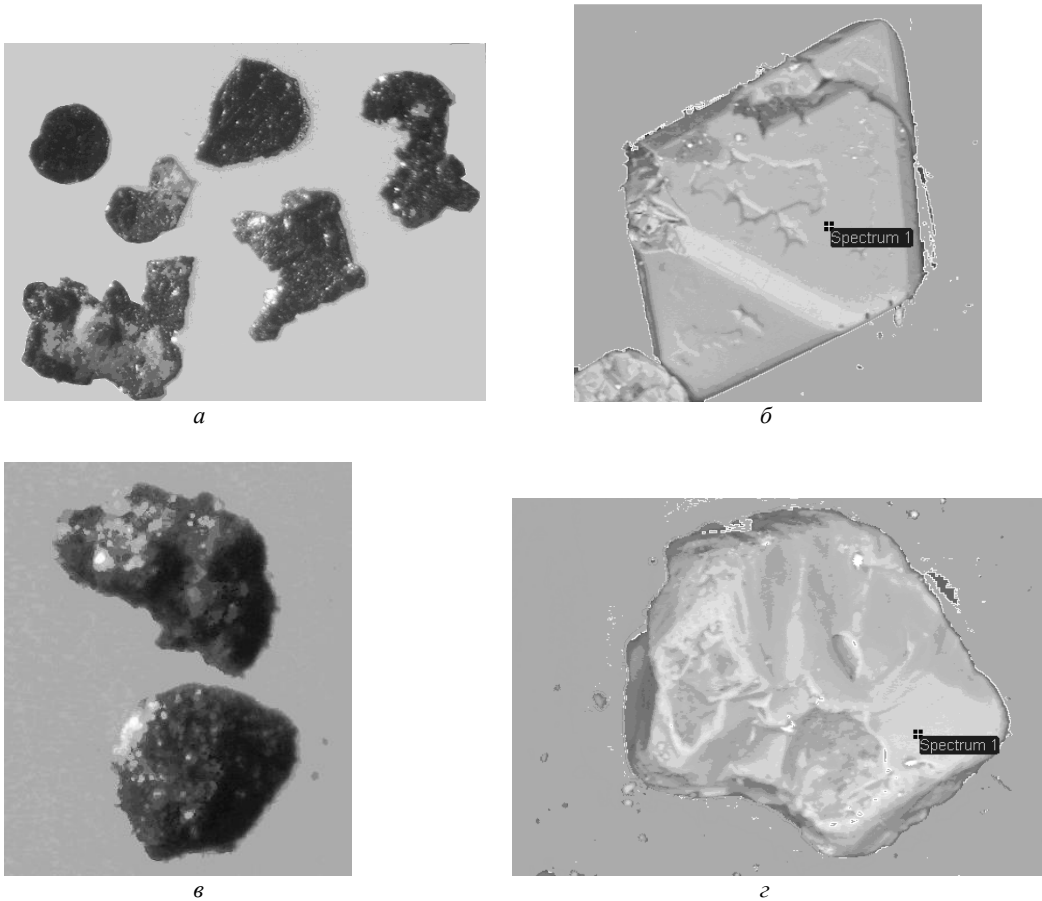
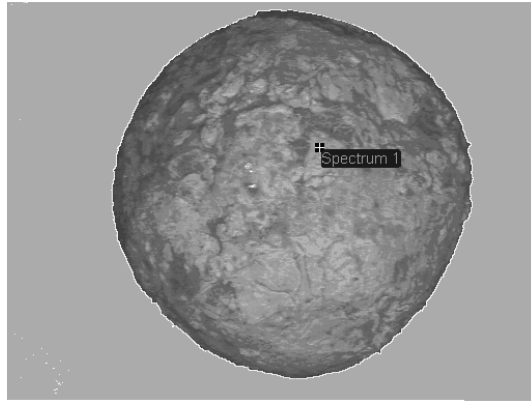


Рис. 3. Мінерали промислового походження, вилучені з алювію Дніпра



δ

Рис. 3. Мінерали промислового походження, вилучені з алювію Дніпра:

a – металургійний графіт з кіркою сидериту; *б* – октаедричний кристал металургійної шпінелі; *в* – бронза; *г* – часточка металургійного шлаку; *δ* – магнітна куля з металургійних шлаків; *a, в* – бінокляр; *б, г, δ* – растрова електронна мікроскопія. Збільшення: *a* – 45^х; *б* – 240^х; *в* – 60^х; *г* – 280^х; *δ* – 190^х

Таблиця 2

Хімічний склад оксидів заліза в алювії Дніпра, за даними мікрозондового аналізу (аналітик - В.В. Пермяков)

Хімічний елемент	Мінерал									
	мідь самородна	мідь техногенна	пірит	мартит із кіркою гетиту	магнітні кулі	рутил	циркон	шлак спец-сталі	шпінелі	
Fe		0,92	43,17	68,59	47,83		1,18	3,17	19,65	
Si		0,74			5,21		14,60	16,58		
Ca		0,89			1,41			22,0		
Al					0,82	0,42		5,21	9,58	
S	1,93	4,31	56,83			0,71				
Cu	92,26	73,44								
Mg					0,91				5,65	
Cl		1,34			0,97					
Ti					1,78	55,30		0,41	0,58	
Cr					23,96			8,08	24,56	
Mn					2,06					
Ni					3,32					
Zr							52,7			
Br		8,51								
V								0,79		
O	5,81	9,85		31,41	11,71	43,57	31,51	43,77	39,98	

Обговорення результатів і висновки. Мінералогія донних відкладів Нижнього Дніпра дуже різноманітна. Серед визначених мінералів важливе значення мають знахідки золота, срібла і алмазів. Весь район досліджень багатий на мінерали циркону, рідких земель (монацит), титану, гранати тощо. Знайдені уламкові та частково обкатані зерна піриту, не замішеного лімонітом, свідчать про

розмив Дніпром сульфідних жил та можливу наявність поліметалевого зрудніння в породах річкового ложа.

Серед досліджених мінералів крім типових уламкових зерен встановлено важливу компоненту аутигенних новоутворень осаду, яка суттєво змінила первинний склад донних накопичень гідросистеми (пірит, марказит, карбонати, гетит).

Характерна риса сучасного осаду Дніпра – постійна наявність часточок шламів, шлаків, вогнетривів, металургійного графіту, шпінелі, скляних і рудних куль – індикаторів техногенного забруднення довкілля.

В алювіальних утвореннях нижнього Дніпра дослідників можуть зацікавити золото, циркон, ільменіт, рутил, монацит, алмаз. За побіжного видобутку можуть бути використані мінерали легкої фракції, передусім кварц, каолініт й інші глинисті мінерали, а також мушлевий детрит й вапняки, що намиваються в штучних островах. Комплексне дослідження алювію річок України дозволяє визначити генезис зрудніння, надає необхідну інформацію технологічного характеру щодо можливості збагачення та видобування сировини за умови покращення екологічного стану навколишнього середовища.

Бібліографічні посилання

1. **Beukes, N. J.** The geology and genesis of high-grade hematite iron ore deposits [Text] / N. J. Beukes, J. Gutzmer, J. Mukhopadhyay // Applied Earth Science: Transactions of the Institutions of Mining and Metallurgy: Section B 112.1. – 2003. – S.18-25.

2. **Brunner, P.** The flux of metals through municipal solid waste incinerators [Text] / P. Brunner, H. Mönch // Waste Management & Research 4.1. – 1986. – S. 105 – 119.

3. Dnepr: [Text]: Putevoditel / Sost. A.B. Miroshnichenko. – K.: Kievskoe oblastnoe knizhno-gazetnoe izd-vo, 1962. – 352 s. (in Russian).

4. Field monitoring soil phytoremediation by a portable chlorophyll fluoromet. – «Warsaw'98» [Text] / P. Richter [et al.] // Fourth International Symposium & Exhib. On Environmental Contamination in Centraj and Eastern Europe. – Warsaw, 1999. – 1116 p.

5. **James, A.** Time and the persistence of alluvium: River engineering, fluvial geomorphology, and mining sediment in California. [Text] / A. James. // Geomorphology. – 1999. Vol. 31. – P. 265-290.

6. **Hrasna, M.** Environmental Geology – the new branch of geologic sciences [Text] / M. Hrasna // Acta Geologica Iniv. – Bratislava, 1999. – № 54. – P. 66 – 68.

7. **Luna, B.L.** Fluvial Processes in Geomorphology [Text] / B.L. Luna, M.G. Wolman, J.P. Miller. - San Francisco: W.H. Freeman and Co, 1964. – 522 p.

8. **Malakhov, I.** Some Conditions for Investment in Soil Reconstruction projects in a Mining Region. – «Prague 2000» [Text] / I. Malakhov // Fifth International Symposium & Exhibition. On Environmental Contamination in Central and Eastern Europe. September, 2000. – Prague, 2001. – 924 p.

9. Ore mineralogy and its relevance for selection of concentration methods in processing of Brazilian iron ores [Text] / A. C. Araujo [et al.] // Mineral Processing and Extractive Metallurgy. – 2003. – 112(1). – S. 54-64.

10. The trait's of the bio-remediation technology. Book&CD «Warsaw'98» Fourth International Symposium & Exhibition on Environmental Contamination in Central and Eastern Europe [Text] / V. Hapon, I. Malakhov, V. Savosko, M. Smetana. – Warsaw: Tallahassee, FL., 1999. – 199 p.

11. **Voight, B.** Rokslides and Avalanches [Text] / B.Voigh // Natural phenomena. – Elsevier. Amsterdam, 1978. – 376 p.

12. **Vypna, M.V.** Litolohiya i mozhlyvosti vykorystannya Alyuviyu richok Ukrainy [Text] / M.V. Vypna, V.V. Ivanchenko // Stalyj rozvytok promyslovosti u suspilstvi. Mizhnarodna naukovo-texnichna konferenciya. 22–25 zhovtnya 2013, m. Kryvyj Rih, – S.77 (in Ukrainian).

13. **Vypna, M.V.** Heoximichna specializaciya donnyx vidkladiv rik central"noyi ta pivdennoyi Ukrayiny [Text] / M.V. Vypna, V.V. Ivanchenko // Sb. dokladov Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencyy: «Aktualnyie problemy poyskovej y ekolohycheskoj heoxymyy». – K., 2014. – S. 6–7 (in Ukrainian).

Надійшла до редколегії 05.03.2015

УДК 550.47

Биогеохимические особенности техногенного загрязнения почв под влиянием предприятий химической промышленности

И.В. Кураева*, А.А. Кроик, Е.Г. Мусич***, Ю.Ю. Войтюк*, А.В. Матвиенко***

**Институт геохимии, минералогии и рудообразования имени Н.П. Семененко, г. Киев*

*** Днепропетровский национальный университет имени Олеса Гончара*

**** Институт геохимии окружающей среды НАН Украины, г. Киев*

Исследованы физико-химические свойства почв (рН, содержание органического вещества, емкость катионного обмена). Изучены закономерности распределения валовых и подвижных форм тяжелых металлов в почвенных отложениях на территории Шостки Сумской области под влиянием предприятий химической промышленности и на фоновых участках. Получены биогеохимические показатели содержания микроскопических грибов и их видов, наиболее характерных для исследуемых почв, которые могут быть применены как дополнительный критерий при эколого-геохимических исследованиях.

Ключевые слова: тяжелые металлы, валовые и подвижные формы, биогеохимический показатель.

Biogeochemical features technogenic pollution of soils under the influence chemical industry

I.V. Kuraeva*, A.A. Kroik, E.G. Musich***,
Yu.Yu. Voitiuk*, A.V. Matvienko***

**M.P. Semenenko Institute of geochemistry, mineralogy and ore formation of the National Academy of sciences of Ukraine, Kiev*

*** Dnipropetrovsk national university Oles Honchar*

****State Institution «Institute of Environmental Geochemistry of NAS of Ukraine»*

**The physico-chemical properties of soil (pH, organic matter content, cation exchange capacity).
The regularities of the distribution of total and mobile forms of heavy metals in soil sediments in the**

Дніпропетровський національний університет імені Олеса Гончара, просп. Гагаріна, 72,
м. Дніпропетровськ, 49010, Україна.

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, prosp. Gagarina, 72, Dnipropetrovsk, 49010, Ukraine.

Tel.: +38-095-149-65-50. E-mail: no-name2001@vandex.ru

territory of Shostka Sumy region under the influence of the chemical industry and in the background areas. Biogeochemical indicators obtained content of microscopic fungi and their species, the most characteristic of the study of soils, which can be used as an additional criterion for ecological and geochemical studies.

Key words: heavy metals, total and mobile forms, biochemical indicator.

Введение. Одно из важных направлений эколого-геохимических исследований – изучение влияния техногенных факторов на биогеоценозы [3]. Известно, что загрязнение почв тяжелыми металлами и их соединениями негативно воздействует на жизнедеятельность микроорганизмов и на экологическое состояние почв в целом [6]. В урбанизированных почвах, загрязненных тяжелыми металлами, изменяются микробные комплексы, зависящие от экологических условий почвенной среды.

В целом для многих почв, загрязненных тяжелыми металлами, характерны низкая обогатенность бактериями и увеличение суммарной численности отдельных групп микроорганизмов: грибов, актиномицетов и спорообразующих бактерий [12]. Некоторые незначительные концентрации металлов в почвах необходимы для жизнедеятельности микроорганизмов. Например, железо участвует в окислительно-восстановительных процессах, медь входит в состав многих ферментов живых клеток [18]. Но при существенном повышении концентраций любой металл становится токсичным: изменяется морфология клеток, происходит угнетение роста микроорганизмов до полной их гибели. Каждый элемент имеет свой диапазон безопасной концентрации, при котором происходит нормальное функционирование организма. При его нарушении отмечены различные патологические нарушения в обменных процессах, приводящие в случае недостатка к микроэлементам дефицита, избытка – к микроэлементам токсичности [4; 10]. С целью оценки угрозы влияния потенциально токсичных химических веществ на организм человека и окружающую среду применяют различные виды мониторинга, в том числе изучение состояния почвенной биоты, к которой относятся микроскопические грибы. Они имеют способность к накоплению тяжелых металлов по сравнению с другими организмами в почве. Характер влияния тяжелых металлов на микроорганизмы определяется их концентрацией в окружающей среде, степенью токсичности и биологическими свойствами живых организмов [6].

При высоком содержании тяжелых металлов, особенно их подвижных форм, в почве изменяются морфофункциональные показатели почвенных микромицет: задерживается прорастание спор, снижается скорость спорообразования и роста мицелия, который становится тоньше [7; 16].

Цель написания работы – установить изменения биогеохимических показателей почв под влиянием выбросов предприятий химической промышленности.

Материал и методы исследований. Основные полигоны исследований размещались на территории города Шостка Сумской области. При полевых исследованиях региона было отобрано 210 образцов почв. Пробы почв отбирались согласно ГОСТу 17.4.4.02-84 [14] вокруг промышленных предприятий города. Отбор почв производился как по горизонтальному, так и по вертикальному профилю на глубине от 0 до 60 см. Как в черте города, так и за его пределами были заложены 3 шурфа глубиной до 200 см. Также были выбраны условно чистые полигоны для оценки природного фона территории. Настоящее исследование

проводилось на территории промышленных районов города, расположенных в зоне Публичного акционерного общества «Шосткинский завод химических реактивов» (ПАО «ШЗХР»), открытого акционерного общества «Акционерная компания «Свема»» (ОАО «АК «Свема»»), Шосткинского завода «Звезда» (ШЗ «Звезда»). Условно чистыми полигонами были выбраны территории Богдановского заказника, идентичные по ландшафтно-геохимическим условиям [17].

Пробы почв для выделения микроскопических грибов отбирались в интервале 0 – 10 см, где аккумулируется наибольшее количество тяжелых металлов. Установлено, что исследуемые почвы не имеют морфологически выраженного подзолистого горизонта и формируются под влиянием хвойной растительности. Для почв характерны некоторые физико-химические свойства подзолистых почв. Поэтому выявление специфических видов грибов может способствовать выяснению вопроса о генезисе этих почв.

Для определения набора видов микроскопических грибов, характерных для исследуемой почвы промышленных территорий, применялся наиболее широко распространенный в почвенной микробиологии метод разведения почвенной суспензии с последующим высевом ее на агоризированные питательные среды [7; 8], при этом оценивали частоту встречаемости вида и достоверность средних величин процентного содержания основных видов.

Физико-химические свойства почв определялись по методике Е.В. Аринушкиной [2]. Для определения валовых концентраций тяжелых металлов и показателей их подвижности применяли метод атомной абсорбции. Содержание подвижных форм тяжелых металлов определяли по методике А.И. Самчука [15].

Результаты и их обсуждение. Установлено, что на распределение тяжелых металлов в почве влияют их физико-химические показатели [19]. Как видно из полученных результатов (табл. 1), $C_{орг}$ в гумусовом горизонте исследуемых почв на техногенно загрязненных участках уменьшается по сравнению с фоновыми участками. Также в этих почвах понижается рН и содержание поглощенных катионов.

Таблица 1

Физико-химические показатели почв гумусового горизонта

Почва	$C_{орг}$, %	рН	Поглощение катионов, мг*экв на 100 г			
			Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}
Почвы фоновых участков						
Дерново-среднеподзолистые легкосуглинистые на водно-ледниковых отложениях, n=20	1,85	6,3	5	2	0,9	0,14
Дерново-подзолистые легкосуглинистые на древнем аллювии, n=20	1,42	6,5	12,3	0,7	0,68	0,1
Подзолисто-дерновые легко суглинистые на озерных суглинках, n=20	1,61	6,4	2	1	0,57	–
Техногенные почвы						
ПАО «ШЗХР», n=50	0,75	5,1	2,3	0,9	0,3	0,08
ШЗ «Звезда», n=50	0,76	4,8	1,9	0,7	0,4	0,1
ОАО «АК «Свема»», n=50	0,83	4,9	1,7	0,6	0,3	–

Примечание: n – количество проб.

Исследование вертикального распределения тяжелых металлов показало, что в верхнем почвенном горизонте техногенно загрязненных почв накапливались Ni, Co, Pb, Cu. С глубиной валовые концентрации металлов постепенно уменьшаются.

Наибольшие содержания тяжелых металлов характеризуют почвенный профиль, заложенный возле ОАО «АК «Свема»». На глубине 0,7 – 0,9 м выделен техногенный геохимический барьер (табл. 2).

Таблица 2

Распределение тяжелых металлов в почвенных разрезах техногенно загрязненных почв на исследуемой территории (мг/кг)

Горизонт, см	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Открытое акционерное общество «Акционерная компания «Свема»»											
Ni	10	30	50	80	50	80	50	80	70	70	50
Co	6	10	100	100	200	100	100	250	300	200	100
Pb	40	50	60	60	100	50	100	250	100	200	100
Cu	200	800	200	300	200	250	200	200	500	300	300
Шосткинский казенный завод «Звезда»											
Ni	20	30	30	50	30	40	30	20	20	40	30
Co	15	10	10	15	8	8	8	6	6	8	6
Pb	80	60	40	30	20	50	30	60	30	60	40
Cu	200	80	60	50	400	60	50	60	40	80	200
Публичное акционерное общество «Шосткинский завод химических реактивов»											
Ni	10	9	7	5	6	6	6	6	6	3	4
Co	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Pb	40	30	8	6	8	5	6	3	10	5	5
Cu	50	30	10	30	80	40	80	30	20	40	6

Примечание: «–» – элемент не определялся.

В образцах почв, отобранных на территории возле химических предприятий города на глубине 0 – 5 см валовые концентрации Cu, Cr, Pb превышают предельно допустимые концентрации (ПДК) в 2, 10 и 20 раз соответственно (рис. 1).

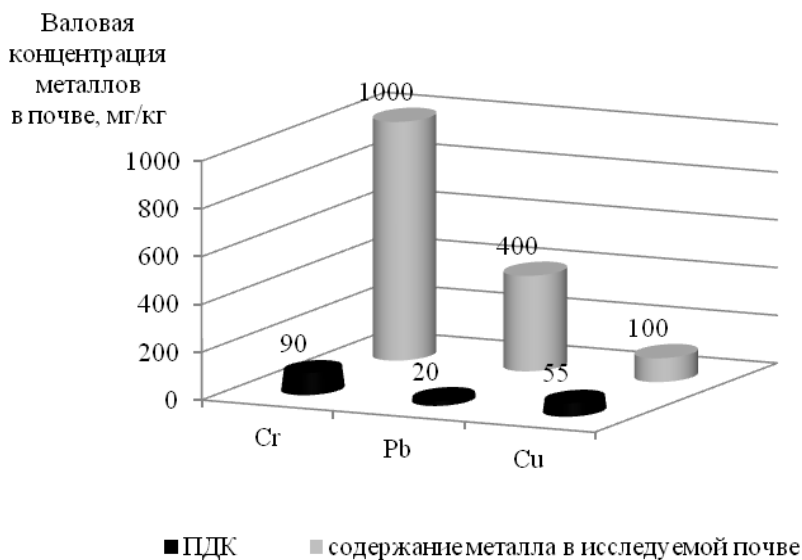


Рис. 1. Содержание тяжелых металлов в почвах исследуемых территорий

Особое значение при биогеохимическом исследовании почв и оценке степени их загрязнения принадлежит подвижности тяжелых металлов. К подвижным формам относятся ионнообменная и водорастворимая.

Установлено, что содержание подвижных форм металлов на изученных территориях под влиянием выбросов предприятий химической промышленности

показали, что подвижность тяжелых металлов повышается в сравнении с фоновыми участками, что является критерием загрязненности почвенных отложений [19]. Например, подвижность Cr возрастает в 32, Ni — 14, Cu — 10 и Pb — 8 раз (рис. 2). Дополнительным критерием степени загрязнения территории тяжелыми металлами в почвах являются биогеохимические показатели.

Почвенные отложения характеризуются большим разнообразием видов микроорганизмов [3; 11]. Такие виды могут быть использованы в качестве геохимических индикаторов процессов загрязненности почв или их свойств при количественной оценке видов микроорганизмов. Индикаторные и доминирующие виды проще выявить среди грибов, чем среди других микроорганизмов, поскольку грибы легче и точнее идентифицировать [12].

Грибы в почве находятся или в виде спор, или в состоянии активно растущего мицелия.

Количество грибных зародышей, выделенных на сусло-агаре и среде Чапека, незначительно, что, вероятно, обусловлено наличием огромного спектра тяжелых металлов (табл. 3) и зависит от места отбора проб. Исключение составил образец, отобранный возле ПАО «Шосткинский завод химических реактивов», в котором преобладали высокие концентрации ряда тяжелых металлов (Ni, Pb, Cr, Cu, Co), а количество живых грибных зародышей было максимальным.

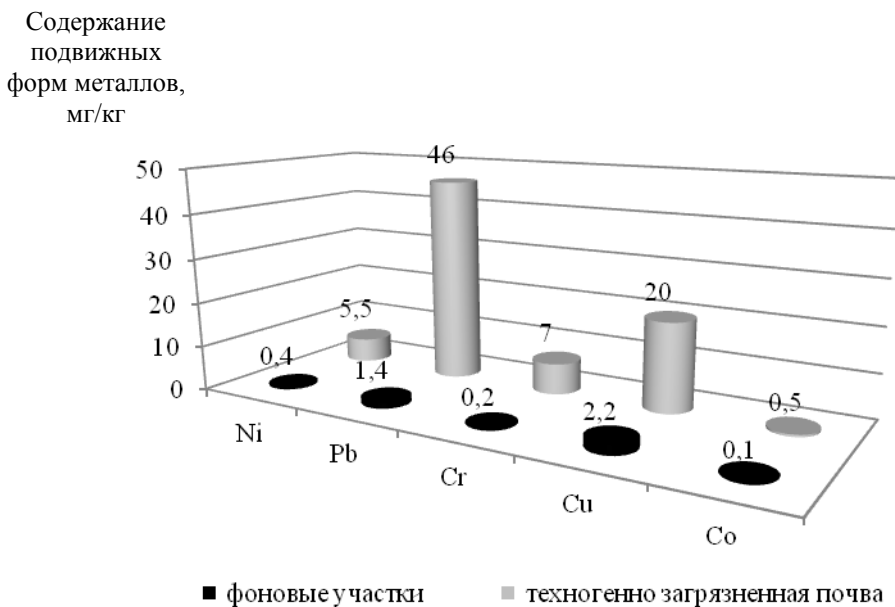


Рис. 2. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах исследуемых территорий

Видовой состав грибных зародышей довольно разнообразен и включает 53 вида (табл. 4); большинство видов грибных зародышей сосредоточено как в подстилке (образец 1), так и на глубине 100 см (17 видов – образец 2); 0 – 5 см (16 видов – образец 4).

Средняя численность грибов подзолистой почвы промышленных территорий

№ образца	Характеристика района исследований	Глубина, см	Количество грибных спор, тыс./5 г
1	Открытое акционерное общество «Акционерная компания «Свема»»	0 – 2	1,7·1000
3	Открытое акционерное общество «Акционерная компания «Свема»»	2 – 5	2,37·1000
5	Шосткинский казенный завод «Звезда»	0 – 5	3,17·1000
6	Публичное акционерное общество «Шосткинский завод химических реактивов»	0 – 5	50 (высевали почвенную суспензию)
4	Фоновая почва	0 – 5	2,142·1000
2	Фоновая почва	100	3,857·1000

Вероятно, такое разнообразие грибов связано с многолетними промышленными выбросами данных предприятий. Специальные исследования с большой повторяемостью высевов показали (табл. 4), что наиболее часто и в большом количестве встречаются представители *Penicillium*. Среди них много видов с большой биохимической активностью, продуктов различных биологически активных веществ, важных для народного хозяйства, ферментов, антибиотиков и т.д. (*P.hazzianum Rifai*, *P. Thomii Zalessky*, *P. Godlevsky Zalessky*, *P. Decumbens Thom*). Именно эти виды пенициллиев и *Trichoderma harzianum Rifai* могут служить индикаторами наличия в почве тяжелых металлов. Интересно, что эти виды максимально представлены в пахотном слое [1; 5]. Для образца 2 (табл. 4), взятого на глубине 100 см, выделены виды грибов, которые также можно считать индикаторами повышенной концентрации тяжелых металлов. В данном случае интересны два вида *Trichoderma* – *Tr. hamatum Bainier* и *Tr. koningii Oudem*, а также *P. notatum Westling* и *P. kursanovii Chalab*, которые специфичны только для почвы этого промышленного района. Есть и другие виды – *Alternaria*, *Aspergillus*, но представители их типичны для многих промышленных районов.

Образцы 3 – 5 не отличаются по содержанию тяжелых металлов. Среди выделенных грибов отличны виды *Tr. viride Pers*, *Tr. virens Arx*, а также виды несовершенных грибов *Mycelia sterilia* (White) и *Mortierella alpine Peyronel*, которые типичны для образцов 3 – 5, но есть и специфические виды, индикаторы *Acremonium murorum var. Murorum Gams*, *P. funiculosum Thom* (образец 3), *Curvularia inaequalis Boedijn* и *Tr. atroviride Bissett* (образец 4), *Absidia glauca Hagem* и *Fusarium sambucinum Fuckel* (образец 5). Интересный в микологическом аспекте образец 6. Именно из него выделены наиболее токсичные виды *Aspergillus sulphureus Thom et Church*, *Botrytis cenerea Fries*, *Chaetomium homopilatum Omvik*, темноокрашенные *Cladosporium cladosporiodes* и *Clonostacchis rosea*, которые устойчивы к экстремальным условиям обитания.

Видовой состав грибов

№ п/п	Вид	Автор	№ образца					
			1	2	3	4	5	6
1	<i>Absidia cylindrospora</i>	Hagem.				+		
2	<i>Absidia glauca</i>	Hagem.					+	
3	<i>Acremonium murorum</i> var. <i>murorum</i>	(Corda.)Gams			+			
4	<i>Alternaria tenuissima</i>	(Kunze) Wiltshire		+				
5	<i>Aspergillus parvulus</i>	Sm.		+				
6	<i>Aspergillus sulphureus</i>	(Fresen) Thom et Church						+
7	<i>Botrytis cinerea</i>	Person: Fries						+
8	<i>Chaetomium homopilatum</i>	Omvik.						+
9	<i>Cladosporium cladosporioides</i>	(Fresen)de Vries						+
10	<i>Cladosporium herbarum</i>	(Pers)Link						+
11	<i>Clonostachis rosea</i>	(Preuss) Mussat					+	
12	<i>Clonostachis rosea f. catenulata</i>	(Gilman et Abbot)Schroers						+
13	<i>Codophora malorum</i>	(Kitt et Beaum) Gams		+				
14	<i>Curvularia inaequalis</i>	(Shear)Boedijn				+		
15	<i>Fusarium moniliforme</i> var. <i>lactis</i>	(Pirota et Riboni)Bilai						+
16	<i>Fusarium oxysporum</i>	Sm. Et Swinge			+	+		
17	<i>Fusarium sambucinum</i>	Fuckel					+	
18	<i>Fusarium solani</i>	(Mart) Sacc				+	+	
19	<i>Geotrichum candidum</i>	Link.				+	+	
20	<i>Isaria farinosa</i>	(Holmsk) Fr.	+			+		
21	<i>Mortierella alpina</i>	Peyronel.	+		+	+	+	
22	<i>Mortierella oligospora</i>	Oudem		+		+		
23	<i>Mortierella pusilla</i>	Oudem		+	+			+
24	<i>Mortierella ramanniana</i> var. <i>angulispora</i>	(Naumov) Linnem	+	+				
25	<i>Mortierella ramanniana</i> var. <i>ramanniana</i>	(Gilman et Abbott)Schroers.		+				+
26	<i>Mucor hiemalis</i> f. <i>hiemalis</i>	Wehmer.						
27	<i>Mycelia sterilia</i> (white)		+	+	+	+	+	+
28	<i>Neosartorya fischeri</i>	Wehmer.						+
29	<i>Paecilomyces lilacinus</i>	(Holmsk) Fr.					+	
30	<i>Penicillium coeruleoviride</i>	G.Sm.					+	

№ п/п	Вид	Автор	№ образца					
			1	2	3	4	5	6
31	<i>Penicillium corylophilum</i>	Dierckx					+	
32	<i>Penicillium decumbens</i>	Thom.	+					
33	<i>Penicillium funiculosum</i>	Thom.			+			
34	<i>Penicillium glabrum</i>	(Wehmer)Westing		+	+	+		
35	<i>Penicillium godlevsky</i>	Zalessky	+					
36	<i>Penicillium kursanovii</i>	Chalab		+				
37	<i>Penicillium notatum</i>	Westling.		+				
38	<i>Penicillium raciborskii</i>	Zalessky.			+	+		
39	<i>Penicillium spinulosum</i>	Thom.	+				+	+
40	<i>Penicillium tardum</i>	Thom.	+					+
41	<i>Penicillium thomii</i>	Zalessky	+					
42	<i>Penicillium variabile</i>	Wehmer.						+
43	<i>Penicillium verrucosum</i>	Dierckx.						+
44	<i>Penicillium waksmanii</i>	Zalessky.	+	+				
45	<i>Trichoderma atroviride</i>	Bissett.				+		
46	<i>Trichoderma harzianum</i>	Rifai.	+					
47	<i>Trichoderma koningii</i>	Oudem		+				
48	<i>Trichoderma virens</i>	(Pens.Giddens.FoIoster)Arx	+	+	+	+	+	
49	<i>Trichoderma viride</i>	Pers	+		+	+	+	
50	<i>Trichoderma hamatum</i>	(Bonord)Bainier		+				
51	<i>Umbelopsis isabellina</i>	(Oudem)Gams	+	+			+	
52	<i>Umbelopsis viceum</i>	(Dixon Stev)Arx	+	+		+	+	
53	<i>Zygorhynchus moelleri</i>	Vuil			+			

Примечание: 1 – ОАО «Акционерная компания “Свема”» (глубина 0 – 2 см); 2 – фоновая почва (глубина 100 см); 3 – ОАО «Акционерная компания “Свема”» (глубина 2 – 5 см); 4 – фоновая почва (глубина 0 – 5 см); 5 – Шосткинский казенный завод «Звезда»; 6 – ПАО «Шосткинский завод химических реактивов».

Выводы. Установлено, что в техногенно загрязненных почвах изменяются физико-химические свойства, а именно понижается рН, количество гумуса, емкость катионного обмена. Тяжелые металлы сорбируются в верхнем почвенном горизонте. Их содержание превышает ПДК в десятки раз.

Для техногенно загрязненных почв характерно повышенное содержание подвижных форм тяжелых металлов. Например, подвижность Cr, Pb, Ni, Cu возрастает в 32, 8, 14 и 10 раз соответственно.

Выделены 53 вида микроскопических грибов. Установлено, что в почвах преобладают: *Penicillium sp.*, *Trichoderma sp.*, *Mycelia strilia* (White). Некоторые виды являются специфическими и могут служить индикаторами на наличие металла определенной концентрации.

Библиографические ссылки

1. Agrohimičeskaja harakteristika pochv SSSR (Ukrainskoj SSR) [Text]. – M.: Nauka, 1994. – 352 p.
2. **Arinushkina, E.V.** Rukovodstvo po himičeskomu analizu pochv [Text] / E.V. Arinushkina. – M.: Izd-vo Mosk. Un-ta, 1970. – 487 p.
3. Biogeohimični pokazniki gruntiv v zoni vplivu Kostjantini'skogo svincevočinkovogo kombinatu [Text] / I.V. Kuraeva [et al.] // Mineralog. žurn. – K., 2009. – № 1. – P. 58–61.
4. **Es'kov, E.K.** Nakoplenie svinca i kadmija različnymi organami rastenij v zavisimosti ot ih udalenija ot avtomagistrali [Text] / E.K. Es'kov, M.D. Es'kova // Agrohimičija. – M. – 2013. – № 5. – P. 81–85.
5. Funkcionuvannja mikrobnih cenoziv gruntu v umovah antropogenogo navantazhennja [Text] / K.I. Andrejuk [et al.]. – K.: Oberegi, 2001. – 240 p.
6. **Kashin, V.K.** Osobennosti nakoplenija mikrojelementov v zerne ovsa v zapadnom Zabajkal'e [Text] / V.K. Kashin // Agrohimičija, – M., 2013. – № 10 – P. 55–65.
7. **Malinina, M.S.** Issledovanie pochvennogo rastvora v celjah jekologičeskogo monitoringa [Text] / M.S. Malinina // Problemy jekologičeskogo monitoringa i modelirovanija jekosistem. – 1992. – Vyp. 14. – P. 35–56.
8. **Malinina, M.S.** Vlijanie rastenij i mikrobnaj aktivnosti na sodержanie metallov v pochvennyh rastvorah derno-čozolistoj pochvy v uslovijah model'nogo jeksperimenta [Text] / M.S. Malinina, Dias Maher, T.N. Bolysheva // Pochvovedenie, 2011. – №3. – P. 336–345.
9. **Minenko, A.K.** Regulirovanie biologičeskoj aktivnosti derno-čozolistyh pochv [Text]: avtoref. diss... dokt. biolog. Nauk / A.K. Minenko. – M.: TSHA, 1991. – 41 p.
10. **Minkina, T.M.** Nakoplenie i raspredelnie tjažhelyh metallov v rastenijah zony tehnogeneza [Text] / T.M. Minkina [et al.] // Agrohimičija. – 2013. – №9 – P. 65–75.
11. **Mirchink, T.G.** Pochvennaja mikologija [Text] / T.G. Mirchink. – M.: Izd-vo MGU, 1976. – 206 p.
12. **Mynbaeva, B.N.** Vlijanie medi na strukturu mikrobnyh soobshhestv pochv g. Almaty (model'nye jeksperimenty) [Text] / B.N. Mynbaeva, N.A. Kireeva // Agrohimičija. – 2013. – №7. – P. 75–79.
13. **Nikolas, D.T.** Studies of of fungi in a podzol [Text] / D.T. Nikolas // J. Soil Sci. – 1995. – Vol. 32, № 2. – P. 42–45.
14. Ochrana prirody. Pochvy. Metody otbora i podgotovki prob dlja himičeskogo, bakteriologičeskogo, gel'mintologičeskogo analiza [Text]: GOST 17.4.4.02–84. – [dejstvujushij ot 1986–01–01. – M.: Gosstandart SSSR, 1984. – 7 p.
15. **Samchuk, A.I.** Fiziko-himičeskie uslovija obrazovanija mobil'nyh form toksičnyh metallov v pochvah [Text] / A.I. Samchuk [et al.] // Mineralog. žern. – 1998. – №2. – P. 48–59.
16. **Skarlato, O.A.** Zakonomernosti razvitija pochvennyh mikroorganizmov [Text] / O.A. Skarlato. – L.: AN SSSR, 1985. – 283 p.
17. **Verdener, I.B.** Priroda Ukrainskoj SSR. Pochvy [Text] / I.B. Verdener, D.A. Tjutjunnik. – K.: Nauk. dumka, 1986. – 229 p.

18. **Vorob'eva, L.A.** Himicheskij analiz pochv [Text] / L.A. Vorob'eva. – M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1998. – 272 p.

19. **Zhovinskij, Je.Ja.** Geohimija tjazhelyh metallov v pochvah Ukrainy [Text] / Je.Ja. Zhovinskij. – K.: Nauk. dumka, 2002. – 215 p.

Надійшла до редколегії 25.02.2015

УДК 502.76:55(477)

Geological Heritage and Geoscience education in Ukraine

V.V. Manyuk

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, Dnipropetrovsk, Ukraine

Ukraine has a long history of campaigning for the preservation of not only the biological but also the geological component of the natural environment. The first society for the protection of nature in the history of the Russian Empire was created in Ukraine in 1910. The aim of the society was to protect both the animal and the mineral kingdoms of the natural environment. Since 1992 Ukrainian geologists have been taking part in the meetings of the European working group (EWGFSC-the future ProGEO), and since 2000 have been members of the Central European Group of ProGEO. One of the symposiums ProGEO 2006 year took place in Ukraine and it was no accident that this allowed us to develop and include in the curriculum of students of geological specialities of Dnipropetrovsk National University a new course: «The Study and Preservation of Natural Geological Monuments (Geosites)», which has been taught from 2012. The training course includes the history of the origin and development of the movement for the conservation of the geological heritage, examples of geoconservation in Europe and the world, the legal framework regarding the Nature Reserve Fund of Ukraine as a whole and its geological component in particular, methodological principles of generating a network of geosites in Ukraine, the criteria for the selection of geosites at local, national, European and international levels, and more.

Key words: Geological monuments (geosites), geological heritage, geoconservation, Nature Reserve Fund, new course of lectures.

Геологічна спадщина та геологічна освіта в Україні

В. В. Манюк

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

Україна має тривалу історію руху за збереження як біологічної так і геологічної складової навколишнього природного середовища. Перше в історії Росії товариство охорони

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, просп. Гагаріна, 72, Дніпропетровськ, 49010, Україна.

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, pr. Gagarina, 72, Dnipropetrovsk, 49010, Ukraine.
Tel.: +38-067-947-45-04. E-mail: manuk-geo@mail.ru

природи було створено в Україні в 1910 році. Метою товариства було взяти під захист як об'єкти живої природи, так і мінеральне царство природи. Геологи України вже з 1992 року беруть участь у зустрічах Європейської робочої групи (EWGFSC - майбутньої ПроГЕО), а з 2000 приєдналися до Центральноєвропейської групи ПроГЕО. Один з симпозіумів ПроГЕО в 2006 році проходив в Україні і не випадково стало можливим розробити і включити в програму навчання студентів геологічних спеціальностей Дніпропетровського національного університету новий курс: «Вивчення та збереження геологічних пам'яток природи (геосайтів)», який викладається з 2012 року. У навчальному курсі розглядається історія виникнення та розвитку руху за збереження геологічної спадщини, приклади геоконсервації в країнах Європи та світу, законодавча база щодо природно-заповідного фонду України в цілому і його геологічної складової зокрема, методологічні засади формування мережі геосайтів в Україні, критерії відбору геосайтів для місцевого, державного, європейського та міжнародного рівнів і багато іншого.

Ключові слова: геологічні пам'ятки (геосайти), геологічна спадщина, геоконсервація, природно-заповідний фонд, новий курс лекцій.

Introduction. For the first time in the history of the movement for the conservation of the geological heritage a course on the study and conservation of natural geological monuments (geosites) has been introduced into the curriculum students of Ukraine. There are some teaching experiences on geoconservation in Europe. For example in Romania Geoeducation is considered to be a key part of Geoconservation. Alexandru Andrasanu presents geoeducation as an integral part of the activity and structure of geoconservation and prepared an educational package for secondary schools and university curriculum [1]. The methodology used includes research studies on geoconservation in the national curricula, student opinion analysis, case studies from Romania and other countries, development of new educational tools and basic requirements for specialists in geoconservation. Geoeducation has to be considered in a broader perspective as part of education for nature conservation and ultimately part of educational strategy, which is required to be set up in partnership with schools, universities, and local councils, in order to develop training packages and courses for local teaching staff and students, to organize events for natural heritage [1].

In 2005 a major step was taken by the University of Minho (Portugal) with the creation of a master course on Geological Heritage and Geoconservation. This 2-year course (120 ECTS) was at the time the only post-graduate degree totally dedicated to this domain. During the first year, students have to complete several multidisciplinary modules including: Geodiversity; GIS and Computers applied to Geoconservation; Inventorying, Conservation and Interpretation of Geological Heritage; Environmental Legislation; Geotourism; Education for Sustainable Development etc. In the academic year 2006-2007, a course on Turkey's Geological Heritage, Geotourism and its Potential for Geoparks was offered as an optional subject to the students at the Department of Geology, Faculty of Engineering, Dokuz Eylul University for the first time. Students from the Geology, Geophysics, Mining and Environmental Engineering Departments have been enrolled in this course. During this course, concepts of geological heritage, geosites, geoparks, and why and how they should be preserved and protected are explained to the students.

Geoheritage is partly included in lectures at the Department of Geology, Faculty of Science, and University of Zagreb. Prof. Juračić included the basics of Geoheritage in his lectures on Environmental Geology.

In addition, Albania for the first time included the subject: Cultural and Natural Heritage of Albania in the curriculum for secondary schools. The text book was

compiled and published by Dr. Merita DOLLMA, geographer, member of ProGEO Albania.

In Slovenia a «Summer Camp for Geology Students» was organized by students and part of the camp activities included a short introduction to conservation of geological heritage.

The course was included in the curriculum of students of geological specialties at Dnepropetrovsk National University Oles Honchar in 2012. The study and preservation of the geological heritage has a long tradition in Ukraine. The first Russian society for nature conservation was created in 1910 in Ukraine, then part of the Russian Empire [9].

The society was organized in Ekaterinoslav province in the city of Aleksandrovsk (now Zaporizhia), on the initiative of the teachers of Hortitsky Central School of Peter Buzuk. The scope of the society, according to its statute, included not only wildlife, but also the natural mineral kingdom. One of the earliest examples of its activity was the decision to purchase the rocks on the Dnieper River from their private owners in order to save them from destruction.

In 1928, for the first time on the territory of Russia, in the city of Ekaterinoslav (Dnepropetrovsk), the first geological natural monument (geosite) was created on the initiative of geologist M. Leshchenko. These were the scenic cliffs on Monastery Island in the City Park Shevchenko. The rocks belong to the Middle Achaean and have the absolute age of 3.2 billion years.

The further history of the study and preservation of the geological heritage of Ukraine is filled with many important events and actions to realise the idea of conservation of the geological heritage.

A new stage of significantly increased activity in preserving the geological heritage was marked by the creation of the European Association for the Conservation of the Geological Heritage (ProGEO), which Ukraine has joined [7].

Ukrainian scientists joined the Central European Group (ProGEO) and have participated in all the meetings of ProGEO. Since then, a gradually changing attitude to the problem of conservation of inanimate nature has grown up in the country. Appreciation of the need for geoconservation has developed to the same extent as that for bioconservation. The geological environment is the most important component of the natural environment and is protected by the legislation of Ukraine as a national asset to which is directed a special regime of protection, restoration and management. Ukraine considers its Nature Reserve Fund as part of the global system of natural areas and objects which are under special protection. The objective of the legislation of Ukraine on the Nature Reserve Fund of Ukraine is to regulate social relations regarding the organization, protection and use of territories and objects which are under special protection.

Material and methods of research. The course emphasizes the history and development of the movement for the conservation of the geological heritage in Ukraine and in other countries of the world. It considers in detail the emergence and development of the European Association for the Conservation of the Geological Heritage (ProGEO), its main meetings, conferences and symposia, adopted declarations and the role of ProGEO in the development of the evaluation strategy for a database creation and preservation of geological heritage in both individual countries and in the formation of a European registry of geosites.

Ukraine is an active participant in the movement for the preservation of geological heritage and since 1992 representatives of Ukraine have taken part in it, starting from the first meeting of the European Working Group (EWGES - future ProGEO) in England (Weymouth), the ProGEO session which took place in Hungary in 1994 (Budapest), the General Assembly ProGEO held in Sweden and many others (in different years these representatives were Y. Zinko, A. Ivchenko, N. Gerasimenko, V. Gritsenko, V. Manyuk). In 1995, after the first meeting of the Central European Group (WG - Central European Working Group), it was joined by Ukraine. A specially designed course since 1997 has dealt with the problem of studying and preserving geosites in Ukraine, and in particular in the regions of Central and Eastern Ukraine (Dnepropetrovsk, Zaporizhzhya, Poltava, Sumy, Kharkiv, Donetsk and Crimea). Since 2000 Manyuk V. has been a member of ProGEO and participated in many symposiums, conferences and geological congresses. In May 2003, in Kiev, at a meeting of the State Geological Service of Ukraine an extremely important document was considered and adopted: «Comprehensive program of work on scientific and methodological support of regional geological studies in Ukraine.» The program focuses on the tasks that correspond to fundamental areas of geological science. Therefore, an important and timely step was the proposal of Manyuk V. for the inclusion in the draft program, as one of its objectives, of the problem of researching, inventorising and creating a computer database of the geological monuments of Ukraine. The author of the proposal initiated and was involved in the publication of a 4-volume monograph «Geological Monuments of Ukraine.» Therefore it is not by chance that at Dnipropetrovsk National University, my proposal for a new course on geoconservation for 5th year students was accepted in 2011 and first implemented in the academic year 2012/13.

On the assumption that the geological environment is the most important component of the natural environment, the course deals with the concept of the Nature Reserve Fund of Ukraine (NRF), its structure and the stages of its historical development.

One of the themes of the new discipline is study of the basic provisions of the «The State Programme of National Ecological Network of Ukraine in the years 2000-2015», part of which are geosites. This Programme was adopted in accordance with the recommendations of the Pan-European Biological and Landscape Diversity Strategy for the Formation of a Pan-European Ecological Network.

The course covers the results in Ukraine in 2004-2006 of the revised survey of geological monuments (geosites), creating the basis for a computer database of these objects and the four-volume illustrated book «The Geological Monuments of Ukraine» in the Ukrainian and English languages [2].

The methodological principles of generating a network of geosites in Ukraine, their comparative evaluation for creation of local and national registers, the criteria for the selection of geosites for these levels, as well as for the European registry of geosites is dealt with in accordance with the recommendations set forth in the guide Problems of the Protection of the Geological Heritage of Ukraine [13].

Based on the analysis of the classifications of types of geosites used in the project GILGES, the working group of the Geological Museum of the National Academy of Sciences of Ukraine [3] and the classification adopted in the book Problems of the Protection of the Geological Heritage of Ukraine, a classification that includes the following 14 types has been agreed upon: stratigraphic, petrographic, mineralogical, paleontological, tectonic, volcanic, geomorphologic, karstic, geochronologic, glaciological, cosmological, mining-historical, hydrogeological and geoarchaeological.

One of the themes of the course involves the study, consideration and use of the best international experience in the conservation of geological heritage, on the basis of numerous examples [3; 5; 13; 14].

An important component of the course is the consideration and analysis of the legal and regulatory framework of Ukraine concerning objects of the Nature Reserve Fund in general and of the geological heritage in particular. First of all, this concerns the law of Ukraine «On the Nature Reserve Fund of Ukraine» (No. 2456-12 from 14/07/2011), «Classification of Territories and Objects of the Nature Reserve Fund of Ukraine», the legal foundations of the territories and objects of the Nature Reserve Fund (NRF), fixed assets of the protected territories and objects of the NRF, the form of ownership in the territory and objects, the usage of NRF territories and objects (for example: conservation, research, recreation, and educational use, monitoring of the environment), etc. [12].

The course includes familiarization with the regime of the territories and objects of the NRF, which is a set of science-based environmental requirements, norms and rules that would define the legal status of these territories and natural objects, the character of permissible activities within them, the protection regime, usage and restoration of natural systems.

The course surveys the stages in the creation and declaration of the territories and objects of the NRF, in general and in particular the geological reserves, geological natural monuments (geosites) from the filing of petitions for the organization and declaration of a protected NRF territory and object to the approval and confirmation of such measures by different levels of the executive power.

So, the decisions on the establishment of nature reserves, national parks, as well as other NRF territories and objects of national importance are taken by the President of Ukraine. Decisions on the organization or declaration of territories and objects of NRF objects of local significance are made at local government level.

Lecture notes written for the training course also include a list of geological monuments of Ukraine, with their official conservation status and of prospective geosites. Their territorial distribution is discussed and also their distribution by categories (local, state, international) and types (mineralogical, paleontological, stratigraphic and etc.) [2]. The course discussed in detail the problem of creation and development of a European and international network of geoparks, in the framework of which is assessed the prospects for creation of geoparks in Ukraine and identification of specific objects of primary importance, among which are the volcanic Karadag Massif in the Crimea, Podilski Tovtry within the Volyn-Podolsk plate, "Eagle's Nest" (a complex of geosites within the Kriviy Rig Precambrian iron ore basin on the Ukrainian shield), etc. This section provides information about the European Geoparks Network (EGN) and the global network of geoparks (GNG), as well as information about the history of their creation and a description of selected objects [11].

The summary of the lectures of the training course gives considerable attention to the potential of tourism of natural geological monuments with a view to their promotion and protection from damage and destruction [6].

The final section of the course aims to acquaint students with peculiarities of monitoring the geological heritage of Ukraine, carried out by the geological units of the State Geological Survey from 2006.

The objectives of the course involve an in-depth examination of the problem of the study, identification and preservation of natural geological monuments, the study of

the history of geoconservation in Ukraine, Europe and the world; definition of what is meant by the term natural geological monument (geosite), familiarization with the classification of geosites by type and category; comparative assessment of geological sites and their distribution in Ukraine in accordance with structural and tectonic zoning; study of the evaluation criteria for geosites; potential of tourism for popularization of geosites; study of the legal framework for geoconservation in Ukraine and the role of geosites in forming the Nature Reserve Fund of Ukraine; introduction of an international project on establishment of national, European and international registries of geosites; providing students with a clear understanding of the problem and the prospects of establishing geological parks in Ukraine and their integration into the European and global network. The course is designed for students of the 5th year (Specialist and Master), enrolled in the direction "Geology" and consists of 108 hours of theoretical classes, 108 hours of practical training and 216 hours of independent work involving both work with the literature and computer databases and field trips to objects of geological heritage. The course is a compulsory element of the study process and is taught over a full academic year with optional summer geological practice, the purpose of which is the practical consolidation of the acquired knowledge.

Students carry out individual practical work in which they describe specific geosites of Ukraine in the form proposed in 1998 [4] with the clarifications of the author of the course. For the compilation of their descriptions they use data from the literature, web resources, and follow recommendations from their lecturers. The student individually determines the coordinates of the geosite he/she is researching, and includes in his/her work the appropriate fragment of the satellite image and of the topographic map where the specified object is shown. Photographs of the geological monument which give a clear and full image of its characteristics are included in the description as well as the appropriate fragments of geological maps and other illustrations which help to understand the geosite.

The student also identifies the category of the object of geological heritage (local, national, international), and whether it has potential for being classified as a geosite if it does not already have official conservation status. If the site described already does enjoy specific conservation status, a recommendation is made within the description to raise or maintain the existing level. For example, the author of the description can suggest for local object a conservation status at state or even international level, based on the criteria of selection of geosites for the appropriate category.

Students are assigned geosites of a specific type in accordance with the classification of objects (geomorphologic, stratigraphic, glacial, karstic, etc.). However, several types can be suggested with one main type being assigned for compulsory study.

Proceeding from the necessity of encouraging tourists to visit the objects of geological heritage, with a view to their promotion and preservation, an important component of the independent work of students is to collect information on other objects of interest for tourism located in the vicinity of geosites. These may be territories and objects of the Nature Reserve Fund (botanical, ornithological, forest, landscape, entomological, wetland wildlife refuges and natural monuments; parks, regional landscape parks, botanical gardens, parks, monuments of landscape gardening art, etc.), places connected with the history of the Zaporizhye Cossacks, historical battles, archeological, ethnic, historical and cultural monuments, religious, places of recreation, etc. (<http://manuk-geo.ucoz.ua>).

Conclusion. The territory of Ukraine is characterized by a complex and diverse geological structure, rich in its mineral-raw-material base and a large number of unique objects of geological heritage (geosites). Since 2006 the country has organized monitoring of the geosites and the creation of a database of geological heritage. The introduction of the training program of the university disciplines «Study and Preservation of Natural Geological Monuments» is necessary and timely. Since the introduction of the course 35 students have been attracted to participate and they have given a highly positive evaluation of this educational discipline. Theoretical and practical classes have been very successful and popular with students. Many students have chosen to spend their summer vacation at unique geological heritage sites. The course is new, is still under development (in parallel with the teaching process) and therefore will be improved in order to fully cover all the features of geoconservation. As a result of the course the students receive, above all, an in-depth knowledge of the problem of the study and conservation of geological heritage, both in Ukraine and in other countries around the world, and come to recognize the importance of an attitude of care and responsibility both towards geosites and the natural environment in general. Work on geosites of various types and categories, with a wide stratigraphic range promotes the formation and dissemination of knowledge in many geological disciplines: stratigraphy, paleontology, geomorphology, petrography, mineralogy, deposit formation, volcanology, tectonics and many others. The great interest expressed by students in the course permits us to predict the possibility of its introduction in other universities and colleges which educate not only geologists of different specialties, but also specialists in geographical and environmental areas of study.

References

1. **Andrasanu, A.** Geoeducation – a key part of Geoconservation [Text] / A. Andrasanu // Studia Universitatis Babeş-Bolyai, Geologia, Special Issue, MAEGS – 16, 2009. – P. 5–7.
2. Geological Monuments (geosites) of Ukraine [Text]: in 4 vol./ V. Bezvynnyy [et al]. – K.: DIA, 2006 – 011. – 280 p. (in Ukrainian, English).
3. Geological Natural Monuments of Ukraine: problems of study, preservation and rational use [Text]: V. Gritsenko, A. Ishchenko, U. Rusko, A. Shevchenko. – K.: CSNM NAN of Ukraine, 1995. – 61 p. (in Ukrainian).
4. Framework for Geosites in Northern Europe [Text]// C.E. Iohansson [et al]. – Tallinn: ProGEO'97 in Estonia, 1997. – P. 22–29.
5. **Ivchenko, A.** Geological Heritage of Ukraine: studying international experience. [Text]: Geography and economic fundamentals in school./A. Ivchenko. - K.: Educational Media, 3, 1998. - №3. – P.7–8. (in Ukrainian).
6. **Manyuk, V.** Tourist aspects of using natural geological monuments [Text]/ V. Manyuk. In Proceedings «Sustainable development of tourism on the coast of the Black Sea»/- O.: Navch. knyga – P.175–181 (in Ukrainian).
7. **Manyuk, V.** Geological heritage of the southern part of Ukraine. Natural and Cultural landscapes [Text]: Proceedings of a conference/V. Manyuk. – Dublin Castle, 2004. – P. 93 – 98.
8. **Manyuk, V.** Potential objects for Creation of a Network National Geoparks in Ukraine [Text]: ProGEO Symposium «Safeguarding our Geological Heritage»/ V. Manyuk. - K.: 2006. – P. 30-32.

9. **Manyuk, V.** Historical Review of the Study of Geological Heritage in Ukraine [Text]: Proceedings of the Russian Group of ProGEO/V. Manyuk. – Miass: Geotur, 2007. – P. 47-49. (in Russian).

10. **Manyuk, V.** The Problem of Creation of a Network of National Geoparks in Ukraine [Text]/ Bulletin of the DNU/ V. Manyuk. – D.: DNU, 2007. – P. 63-67.

11. **Manyuk, V.** Historical Background to the Establishment of a National Geological Park «Eagle's Nest». Protection and the Management of Sites of Natural Beauty in the Protected Areas: Hrymayliv-Ternopil [Text]/ V. Manyuk. – Hrymayliv: Djura, 2008. – P.175-181(in Ukrainian).

12. **Oxamytnyi, O.** Legislatively-normative acts of Ukraine regarding the Organization of territories and objects of Natural Reserve Fund. [Text]: O. Oxamytnyi, O. Chircova, V. Manyuk. – D.: Lira - 2001. – P.102–144 (in Ukrainian).

13. Problems of conservation of the geological heritage of Ukraine [Text]/W.A.P. Wimbledon [et al]. – K.: DSC NASU, 1999. – P. 83–118.

14. **Wimbledon, W.A.P.** Geoheritage in Europe and its Conservation [Text]/ ed. W.A.P. Wimbledon, S. Smith-Meyer. – Oslo: ProGEO, 2012. – 405 p.

Надійшла до редколегії 01.02.2015

УДК 551.763:561.22

Особенности распространения известкового нанопланктона в кампане юга Восточно-Европейской платформы

А. В. Матвеев

Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина

Изучено распределение отдельных видов нанофоссилий, а также их соотношения в наноконплексе вдоль субмеридионального разреза, пересекающего южную окраину Восточно-Европейской платформы. Показано, что изменение палеотемператур приводит к смене не столько видового состава наноконплексов, сколько к перераспределению количественных соотношений внутри него. В частности, происходит смена доминирующих групп: на юге доминантами являются представители семейства Arkhangelskiellaceae, на севере – семейства Watznaueriaceae. Вид *Misceomarginatus pleniporus* является индикатором холодных вод.

Ключевые слова: известковый нанопланктон, кампан, палеогеография, биостратиграфия.

Distribution of calciferous nannoplankton in the Campanian of South east European platform

A.V. Matveev

Karazin Kharkov national university

The extention of nannofossils and ratio of speies in nanoplex along the submeridional section, which is crossed the southern periphery of the East European Platform are researched. There are shown that the change paleotemperatures isn't brought by changing of species of nannocomplexes, but leads to redistribution quantitative of the proportion inside nannoplex. The dominant groups are changed: on the south dominated the Arkhangelskiellaceae, on the north dominated the Watznaueriaceae. Species *Misceomarginatus pleniporus* is an indicator of cold water.

Key words: calcareous nannoplankton, campanian, paleogeography, biostratigraphy.

Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, пл. Свободы, 4, Харьков, 61000, Украина.

V.N. Karazin Kharkiv National University, pl. Svobody, 4, Kharkov, 61000, Ukraine.

Tel.: +38-057-707-55-65. E-mail: mathwey@list.ru

Введение. Кампан – время наивысшего развития мелового нанопланктона, когда было достигнуто как количественное, так и качественное его разнообразие. Карбонатонакопление на обширных территориях Паратетиса обусловлено преимущественно накоплением остатков известковых нанофоссилий.

В кампане впервые в течение мелового периода по распределению таксонов нанопланктона намечается климатическая зональность. Однако сложность в восстановлении палеогеографических параметров заключается, в частности, в неоднозначном отнесении различными исследователями видов нанопланктона к тепло- и холодолюбивым.

Мы проанализировали распределение отдельных видов нанофоссилий, а также их соотношения в наноконкомплексах вдоль субмеридионального разреза, пересекающего южную окраину Восточно-Европейской платформы.

Материал и методы. Обработан материал из разреза кампана у с. Малое Садовое (Горный Крым), а также из ряда скважин, вскрывших кампанские отложения в равнинной части Крыма и в Западном Приазовье (рис. 1). Также мы использовали материалы исследования известкового нанопланктона юга Русской плиты (Белгородская и Воронежская области), проведенного М.Н. Овечкиной [3].

Определение видов нанопланктона осуществлено при помощи светового микроскопа Zeiss Amplitval при увеличении $\times 1000$. Все изученные пробы представлены достаточно рыхлыми (в разной степени карбонатными) породами, что позволило не проводить предварительной обработки и использовать временные препараты из водной суспензии.

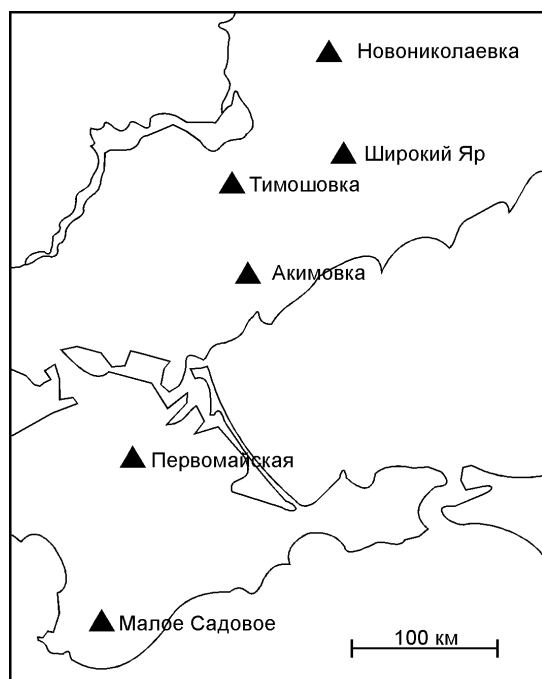


Рис. 1. Схема расположения изученных разрезов

Количественное соотношение видов в комплексах определено количественным методом: очень много – 6 и более экземпляров на поле зрения;

много – 1–5 экземпляров; обычно – 1 экземпляр на 2–5 полей зрения; мало – 1 экземпляр на 6–10 полей зрения; редко – 1 экземпляр на более чем 10 полей зрения.

Результаты. Применение нанопланктонных схем, разработанных на западноевропейских, средиземноморских и североатлантических разрезах верхнего мела [4–6], для расчленения разрезов юга Восточно-Европейской платформы и ее южного обрамления затруднено. Зональные виды-индексы либо отсутствуют, либо представлены единичными находками. Связано это, по видимому, с влиянием более холодных водных масс.

Кампанские отложения у с. Малое Садовое (южные и юго-западные склоны горы Арман-Кая) представлены мергелями мелоподобными, слоистыми мощностью более 150 м. В нижней части мергели переслаиваются с прослойками зеленовато-серых бентонитовых глин. Нижняя граница кампанских отложений не обнажена, в верхней части они без заметного литологического отличия переходят в маастрихт. Пробы отбирались с интервалом 2 м. Остатки известкового нанопланктона многочисленны, хорошей сохранности определено более чем 60 видов.

В качестве репера основания кампана нами использовано появление *Arkhangelskiella cymbiformis* Vekschina, 1955 бореальной шкалы Барнетт [4]. Несколько выше по разрезу (15–20 м) зафиксирован вид *Broinsonia parca parca* (Stradner, 1963), что позволяет определить подошву зоны CC18 (шкалы Сиссинха [6]) или UC14 (шкалы Барнетт). Два этих вида заметно доминируют в наноконтакте, достигая в некоторых пробах до 75% всех кокколлитов.

Следующим уверенно определяемым уровнем является исчезновение *Eiffelithus eximius* (Stover, 1966) в верхней части верхнего кампана, что соответствует кровле зон CC22 или UC15. Более подробно среднюю часть кампана нам расчленить не удалось. Было зафиксировано единичное появление видов-индексов *Ceratolithoides aculeus* (Stradner, 1961) и *Uniplanarius trifidus* (Stradner, 1961), что не дает основания для выделения соответствующих зон. Граница кампана и маастрихта по известковому нанопланктону в этом разрезе не фиксируется. Распространение отдельных видов нанопланктона в разрезе с. Малое Садовое показано ниже (рис.2).

Скв. Первомайская-1, расположенная к югу от пгт Первомайское в равнинном Крыму, раскрывает в интервале 2 330 – 2 500 м отложения кампана, сложенные светло-серыми крепкими мергелями, с прослойками известняков джанкойской свиты. Отложения характеризуется достаточно высоким содержанием кокколлитов. Сохранность кокколлитов удовлетворительная, но в результате перекристаллизации мелкие детали строения зачастую стерты, что делает достоверным определение только крупных форм или видов со специфической морфологией. Это делает недостоверными количественные подсчеты, но и здесь основу наноконтакта, как и в разрезе у с. Малое Садовое, составляют *Arkhangelskiella cymbiformis* и *Broinsonia parca parca*.

Остальные виды *Arkhangelskiella specillata* Vekshina, 1959, *Cyclagelosphaera margerelii* Nožl, 1965, *Watznaueria barnesae* (Black, 1959), *Biscutum constans* (Górka, 1957), *Prediscosphaera cretacea* (Arkhangelsky, 1912), *Chiastozygus litterarius* (Górka, 1957), *Cretarhabdus conicus* Bramlette et Martini, 1964, *Cribrosphaerella ehrenbergii* (Arkhangelsky, 1912), *Discorhabdus ignotus* (Górka, 1957), *Eiffellithus turriseiffelii* (Deflandre, 1954), *Microrhabdulus decoratus* Deflandre, 1959, *Micula staurophora* (Gardet, 1955), *Zeugrhabdothus erectus* (Deflandre et Fert, 1954) встречены в незначительных количествах.

Заметно отличаются как по литологическому составу, так и по составу нанофоссилий разрезы Западного Приазовья, вскрытые рядом скважин Приазовской экспедиции. В составе отложений увеличивается количество терригенной составляющей: у с. Акимовка (скв. 18, инт. 460–500 м) кампан представлен серыми песчанистыми мергелями, а севернее, в разрезах у сел Тимошовка (скв. 9, инт. 270–375 м), Широкий Яр (скв. 13, инт. 122–142 м) и Новониколаевка (скв. 14, инт. 184–266 м) (все села Запорожской области) – карбонатными песками и песчаниками. Количество нанофоссилий в пробах достаточно высокое (после удаления песчано-алевритовой фракции), сохранность хорошая. Подстиляется кампан сеноманскими карбонатными глинами, перекрывается континентальными песками и песчаниками кампан-маастрихтского возраста. Совместное появление *Arkhangelskiella cymbiformis* и *Broinsonia parca parca* свидетельствует об отсутствии низов кампана.

Видовой состав комплекса существенно беднее, чем в горнокрымских разрезах. Мы определили 15 видов: *Arkhangelskiella cymbiformis*, *Broinsonia parca parca*, *Watznaueria barnesae*, *Cyclagelosphaera margerelii*, *Biscutum constans*, *Prediscosphaera cretacea*, *Cribrosphaerella ehrenbergii*, *Eiffellithus turriseiffelii*, *Microrhabdulus decoratus*, *Micula staurophora*, *Zeugrhabdothus erectus*, *Misceomarginatus pleniporus* Wind et Wise, *Tranolithus orionatus* Reinhardt, *Glaucolithus compactus* (Bukry, 1969) и *Calculites obscurus* (Deflandre, 1959), нижнюю часть кампана мы отнесли к зоне *B. parca parca*, в верхней возможно выделение зоны *M. pleniporus* по шкале Барнетт. Отличительной особенностью комплекса является отсутствие явно доминирующих видов. Распространение отдельных видов нанопланктона в наиболее представительном разрезе у с. Тимошовка представлено ниже (рис. 3).

В качестве примера более северного разреза можно привести данные по скважине 100 у с. Бутово (Белгородская обл.), в которой раскрыты нижнекампанские и нижняя часть верхнекампанских отложений, и обнажения верхнего кампана в Белгороде, полученные М.Н. Овечкиной [3]. В нижнем кампане определено 49 видов, в верхнем – 62, сохранность нанофоссилий преимущественно средняя, иногда плохая или хорошая. Видовой состав практически такой же, как и в исследованных нами южных разрезах, за исключением следующих особенностей:

- по всему разрезу кампанских отложений виды *Watznaueria barnesae*, *Prediscosphaera cretacea*, а верхней его части *Eiffellithus turriseiffelii* и *Micula decussata* (= *M. staurophora*) много или очень много;

- в верхней части нижнего кампана появляются виды *Misceomarginatus pleniporus*, *Monomarginatus quaternarius* [7], *Calculites ovalis* (Stradner, 1963), встречаемые редко или очень редко;

- виды *Arkhangelskiella cymbiformis*, *Broinsonia parca* встречены по всему разрезу, но их количество в пробах либо обычно, либо мало.

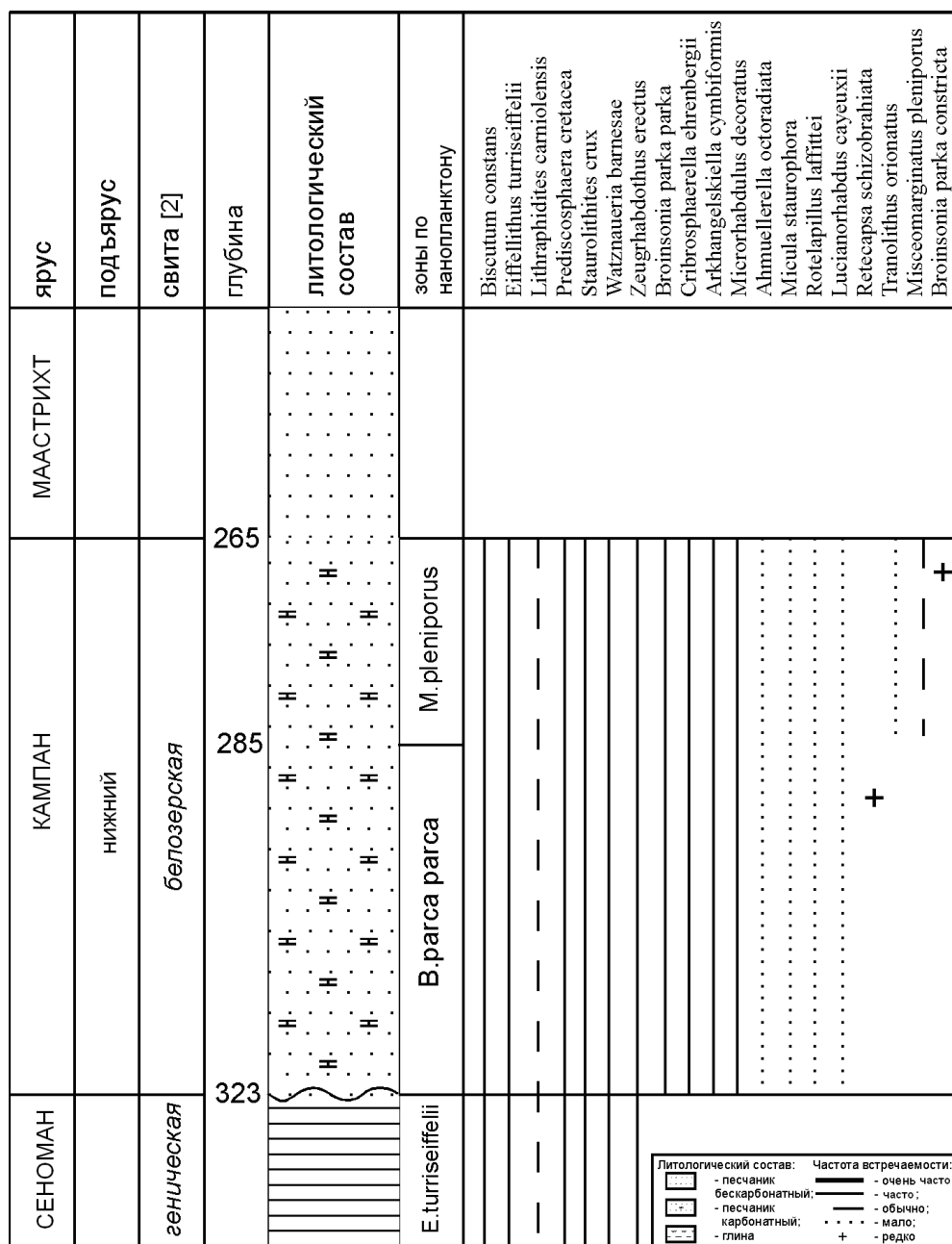


Рис. 3. Распространение видов наопланктона в разрезе у с. Тимошовка

Обсуждение. Наиболее заметным изменением в южных (Крым) и северных (Русская плита) кампанских наноконкомплексах является смена доминирующих видов. Так, в крымских разрезах виды *Broinsonia parca* и *Arkhangelskiella cymbiformis* суммарно составляют 35–50 %, иногда до 75 % кокколитов. В разрезах Русской плиты (данные М.Н. Овечкиной) – 5–15 %, редко до 30 % наноконкомплексов. В то же время в северных разрезах наиболее частыми являются *Micula* sp. (15–20 %), *Prediscosphaera* sp. (20–40 %) и *Watznaueria barnesae* (15–30 %), которые на юге являются обычными видами, но редко достигают заметного (более 10 %)

количества. В этом отношении интересным является район Западного Приазовья, где в результате смешения водных масс через Конско-Ялыньскую впадину преобладающего развития не получает ни одна группа нанопланктона.

Из особенностей видового состава нанопланктона можно отметить очень редкие (единичные) находки тропического вида [5] *Uniplanarius trifidus* в разрезах Горного Крыма. В разрезах Западного Приазовья появляются единичные *Misceomarginatus pleniporus*, которые в северных разрезах встречаются значительно чаще.

Выводы. В настоящее время степень изученности палеогеографической позиции верхнемеловых видов известкового нанопланктона крайне низкая. Фактически только кампанский вид *Uniplanarius trifidus* большинство исследователей считают теплолюбивым [5]. Мнения относительно других палеотемпературных индикаторов зачастую прямо противоположные, что, на наш взгляд, делает преждевременным использование данных по нанопланктону для каких-либо точных палеоклиматических реконструкций.

Было показано, что вид *Misceomarginatus pleniporus* является холоднолюбивым как в Северном, так и в Южном полушарии [7]. Кроме того, изменение палеотемператур приводит к смене не столько видового состава наноккомплексов, сколько к перераспределению количественных соотношений внутри него. В частности, происходит смена доминирующих групп: на юге доминантами являются представители семейства Arkhangelskiellaceae, на севере – Watznaueriaceae.

Библиографические ссылки

1. **Burnett, J.A.** Upper Cretaceous [Text]: J.A. Burnett // *Calcareous nannofossil biostratigraphy*. – 1998. – P.133–302.
2. Геологическое строение Качинского поднятия Горного Крыма. *Стратиграфия мезозоя* [Text]. – М.: Изд-во МГУ. – 1989. – 168 с. (in Russian).
3. Геологическая шкала СССР. *Стратиграфия (шкала и пограничные Черного моря)* [Text]: Т.В. Астахова [et al.]. – К.: Nauk. dumka, 1984. – 184 с. (in Russian).
4. **Ovechkina, M.N.** Известковый нанопланктон верхнего мела (кампан и маастрихт) юга и востока Русской плиты [Text]: M.N. Ovechkina // *Tr. Paleont. in-ta.* – 2007, t. 288. – 352 с. (in Russian).
5. **Perch-Nielsen, K.** Mesozoic calcareous nannofossils [Text]: K. Perch-Nielsen // *Plankton stratigraphy*. – 1985. – P. 329–426.
6. **Sissingh, W.** Biostratigraphy of Cretaceous calcareous nannoplankton [Text]: W. Sissingh // *Geol. Mijnb.* – 1977. – Vol.56, №1. – P. 37–65.
7. **Wind, F.H.** Correlation of Upper Campanian – Lower Maastrichtian calcareous nannofossil assemblages in drill and piston cores from the Falkland plateau, Southwest Atlantic ocean [Text]: F.H. Wind, Sh. W.Wise // *Init. Rep. DSDP.* – 1983. – Vol. 71, part. 2. – P. 551–563.

Надійшла до редколегії 05.02.2015

УДК 624.131:55(477)

О методике прогноза деградации просадочных свойств грунтов

Т.П. Мокрицкая

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

Рассмотрены некоторые методические вопросы прогноза физико-механических свойств грунтов массива. Проанализированы просадочные, физические, физико-механические свойства причерноморского, дофиновского и бугского горизонтов общей мощностью до 14,0 м, находящиеся в состоянии неполного водонасыщения (1985 – 2005). Рассматривались два варианта построения частной шкалы оценивания состояния массива по влажности для прогноза деградации просадочности. Обоснована и доказана необходимость задания прогнозного состояния по приращениям природной влажности от природного состояния до состояния полного водонасыщения. Применена трехчленная градация состояний, при которой повышение влажности на 30 и 60 % соответствует слабой и средней измененности состояния. Подтверждена зависимость относительной просадочности лессов от их физического состояния и конкретных фракций гранулометрического состава, связь просадки как явления с особенностями микроагрегатного строения и его деградации. Распад микроагрегатов происходит на ступенях давления, близких к давлению структурной прочности.

Ключевые слова: лесс, прогноз, катастрофический процесс.

On the method of forecasting degradation subsiding soil properties

T. P. Mokritskaya

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University

We studied some methodological questions forecast the physical and mechanical properties of soils array. Were analyzed the subsidence, physical, physic-mechanical properties of the Chernomorsky, Dofinovskiy, Bugsky horizons of loesses. Total capacity of massive is 14,0 m, a state of incomplete water saturation (1985 – 2005).

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, просп. Гагаріна, 72, Дніпропетровськ, 49010, Україна.

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, pr. Gagarina, 72, Dnipropetrovsk, 49010, Ukraine.
Tel.: +38-067-947-45-04. E-mail: mokritska@i.ua

Considering two options for creating same scale of assessment for the state of humidity forecast the degradation of subsidence. Substantiate and prove the need to set the forecast state of the increments of natural moisture from the natural state to a state of full water saturation. Applying the three-part gradation condition where increasing humidity at 30 and 60 per cent corresponds to low and moderate change of state. Were confirmed dependence relative subsidence of loess on their physical condition and the specific fractions of particle size distribution, communication drawdown as a phenomenon with features microaggregate structure and its degradation. The collapse of the microaggregates occurs on the steps of the pressure close to the pressure of structural strength.

Key words: loess, forecast, catastrophic process.

Введение. Особенности макро- и микростроения плейстоценовых внеледниковых отложений субаэрального генезиса изучали М.Ю. Абелев (1928), А.К. Ларионов (1959), Б. Грабовская (1975), А.В. Минервин (1983), В.И. Осипов (2000), Ван Джанфенг (2011) и др. Способность просадочных грунтов к катастрофическому поведению при просадках изучается в разных регионах [7; 8].

Изучение связей между признаками и особенностями поведения лессовых пород позволило сформулировать представление о просадочности как о специфическом свойстве, характерном для отложений внеледниковой формации [1; 9]. Существующие методы количественной оценки и прогноза построены на анализе различия значений коэффициента пористости от давления при разном физическом состоянии. Учитываются два состояния: природной влажности и полного водонасыщения [2]. В работе [6] указано, что относительная просадочность зависит от влажности в зоне аэрации по степенному закону, а значение показателя степени определяется по графику зависимости просадочности от влажности, построенному в двойном логарифмическом масштабе. Для количественной оценки состояния грунта по влажности необходимо определение влажности начала просадки. Этот показатель в практике инженерных изысканий широкого распространения не получил.

В работе А. К. Ларионова [3] было показано, что значения относительной просадочности могут изменяться и при влажности, меньшей начальной влажности просадки. Поиск способов описания зависимости значений относительной просадочности от приращений влажности, анализ деградации свойств лессовых грунтов в реальных условиях является актуальной задачей.

Объектом исследований является территория жилого массива «Тополь» (г. Днепропетровск), застроенная многоэтажными жилыми домами на ленточных и свайных фундаментах. В геологическом строении плато и склонов балки Встречной присутствуют плейстоценовые, эоплейстоценовые и неогеновые отложения субаэрального генезиса. Мощность отложений плейстоцена, обладающих просадочными свойствами, составляет более 20,0 м. В их составе выделены причерноморско-дофиновский, бугский, витачевский, кайдакско-прилукский, днепровский горизонты, залегающие на лубенских палеопочвах. Средой деградации просадочных свойств могут быть причерноморский, дофиновский и бугский горизонты, мощность которых составляет до 14,0 м. В подошве бугского горизонта эпизодически присутствует техногенно-природный водоносный горизонт.

Обсуждение основных результатов. По результатам инженерно-геологических исследований, выполненных в 1985 – 2005 гг., была составлена база

данных о физических, физико-механических свойствах горизонтов. Стохастический анализ данных показал, что выборочные совокупности показателей свойств причерноморско-дофиновского и бугского горизонтов однородны и симметричны, но не проявляют корреляции с глубиной отбора, что указывает на несоответствующее природной норме состояние. Модели регрессии между показателями физических и механических свойств не были получены.

Применение метода группового учета аргументов позволило выполнить прогноз значений относительной просадочности при различных подходах.

Методика моделирования методом группового учета аргументов подробно описана в работах [4; 5]. В настоящей работе рассматривались два варианта построения частной шкалы оценивания состояния массива по влажности для прогноза деградации просадочности. В первом случае значения влажности рассчитывались как приращения относительно начального значения, во втором – как приращения относительно возможного интервала, заданного разностью значений природной влажности и влажности полного водонасыщения. Значение влажности полного водонасыщения получено аналитически, по стандартным формулам механики грунтов, были привлечены средние по выборке показатели необходимых видов плотности и влажности грунта. Применялась трехчленная градация состояний, при которой повышение влажности на 30 и 60 % соответствует слабой и средней измененности состояния.

В качестве факторных переменных вводились глубина, показатели физических свойств, содержание определенных фракций гранулометрического состава, изменение которых может быть следствием деградации просадочности при техногенезе. Были выбраны фракция 0,1 - 0,25 мм, характерная для микроагрегатов, и фракция 0,01 - 0,005 мм (в значительной степени - продукт распада микроагрегатов). При первом варианте задания приращений природной влажности выбор в качестве факторной переменной содержания частиц размером 0,1 - 0,25 мм приводит к большим прогнозным значениям относительной просадочности в интервале давлений 0,05 – 0,15 мПа (рис. 1). На ступени 0,25 мПа изменение состава факторных переменных (размера фракции) не влияет на значения относительной просадочности. На ступени 0,3 мПа выбор в качестве факторной переменной содержания тонкой фракции 0,005–0,01 мм приводит к большим значениям относительной просадочности. При втором варианте задания приращений природной влажности зависимость прогнозных значений относительной просадочности от изменения содержания микроагрегатов и продуктов их распада проявляется резче (рис. 2). В интервале нормальных давлений 0,1– 0,15 мПа просадочность как явление существенна и независима от состояния по влажности. Условием является наличие частиц размером 0,1–0,25 мм, то есть микроагрегатов. Если в состав факторных переменных включить содержание частиц размером 0,005–0,01 мм, то, при повышении влажности на 60 % от теоретически возможного интервала, состояние можно классифицировать как послепросадочное. Если приращение влажности соответствует приращению на 30 % от теоретически возможного интервала, то на ступени давления 0,1 мПа и при наличии тонкой фракции состояние грунта будет недоуплотненным.

На ступени давления 0,25 мПа дисперсность не оказывает влияния на значения относительной просадочности, а на ступени 0,3 мПа величина

просадочности опять определяется состоянием по влажности и сохранности микроагрегатного строения.

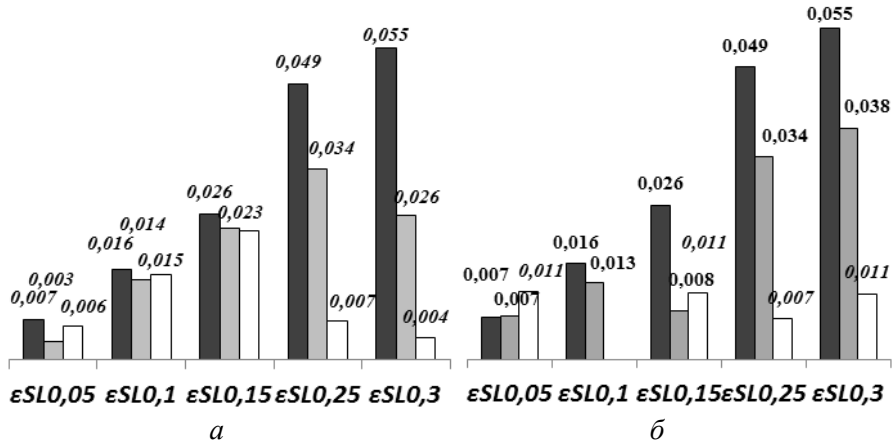


Рис. 1. Диаграмма зависимости прогнозных значений относительной просадочности (ϵ_{SL} , д. ед.) причерноморско-бугских отложений от давления и приращений влажности относительно абсолютных начальных значений:

$$a \quad \epsilon_{SL} = f(z, R0.005, \rho, \rho_s, \omega_L, \omega_p, \omega); \quad b \quad \epsilon_{SL} = f(z, R0.1, \rho, \rho_s, \omega_L, \omega_p, \omega)$$



Рис. 2. Диаграммы зависимости прогнозных значений относительной просадочности (ϵ_{SL} , д. ед.), от приращений влажности, рассчитанных относительно теоретически возможного интервала

Примечания к рис. 1 - 2:

1. $\epsilon_{SLO,05}$ – относительная просадочность (д. ед.) при давлении 0,05 мПа; z – глубина, м; R – содержание частиц размером 0,1 – 0,25 мм или 0,005 – 0,01 мм; ρ – плотность грунта, г/см³; ρ_s – плотность частиц грунта, г/см³; $\omega_L; \omega_p$ – пределы пластичности, д. ед.; ω – природная влажность, д. ед.

2.

- начальное по влажности состояние;
- приращение природной влажности на 30 %;

□ - приращение природной влажности на 60 %.

По результатам прогноза относительной просадочности методом группового учета аргументов подтверждено следующее:

– максимальные значения относительная просадочность принимает при давлении структурной прочности и при дополнительных нагрузках, когда микроагрегатное строение не нарушено;

– при нагрузках, меньших структурной прочности, фактором просадочности являются приращения влажности, не сопровождающиеся разрушением микроагрегатов.

Библиографические ссылки

1. **Grabowska – Oolszewska, B.** SEM analyse of microstructures of loess deposits/ B. Grabowska – Oolszewska [Text] // Bull. of the International Association of Engineering geology. – 1975. – № 11. – P. 45 – 48.

2. **Larionov, A.K.** Lessovye porody SSSR i ih stroitel'nye svojstva [Text]/ A.K. Larionov. – M.: Gosgeoltekhizdat, 1959. – 368 p. (in Russian).

3. **Mokrickaja, T.P.** Faktory i modeli degradacii prosadochnosti [Text]/ T.P. Mokrickaja, L.S. Korjashkina// Vis. girn. un. – 2013. – №4. – P. 5 – 12 (in Russian).

4. **Mokrickaja, T.P.** Formirovanie i jevoljucija geologicheskoy sredy Pridneprovskogo primyshlennogo regiona [Text]/ T. P. Mokritskaya. – D.: Akcent PP, 2013. – 274 p. (in Russian).

5. **Mustafaev, A.A.** Osnovy mehaniki prosadochnyh gruntov [Text]/ A.A. Mustafaev. – M. :Strojizdat, 1978. – 264 p. (in Russian).

6. **Osipova, M.A.** Kompleksne issledovanija strkturnoj prochnosti lessovyh porod Priobskogo plato [Text]: avtoref. dis... kand.geol.-min.nayk.: spec. 25.00.08 «Inzhenernaja geologija, merzloovedenije i grntovedenije»/ Osipova M.A. – Barnaul, 2007. – 21 p. (in Russian).

7. **Ryashchenko, T.G.** The soils of the south of Eastern Siberia and Mongolia [Text]/T.G Ryashchenko, V.V. Akulova. – Novosibirsk: SO RAN, 1998. – 156 p.

8. **Wang, M.** Collapse Property and Microstructure of Loess [Text]/ M. Wang, X. Bai// Advances in Unsaturated Soil, Seepage, and Environmental Geotechnics: Proceedings of Sessions of GeoShanghai, 06 June 2006 to 08 June 2006. – American Society of Civil Engineers. – Reston. USA, 2006 – P. 111 – 118.

9. Inzhenerna geologija. Mehanika rruntiv, osnovi i fundamenti [Text]: pidruchnik/ M. L. Zocenko// Poltava: PNTU, 2003. – 560 p. (in Ukrainian).

Надійшла до редколегії 23.02.2015

УДК 624.131.4

Новейшие данные о свойствах лессов в условиях естественного залегания (г. Днепропетровск)

К.А. Самойлич

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

Приведены результаты маршрутных исследований в балках, карьерах, месторождениях Днепропетровска и его окрестностей. Охарактеризованы типичные для города геологические разрезы, получены новые данные по физическим, физико-механическим свойствам грунтов четвертичного возраста, выявлены закономерности по изменению просадочных свойств в естественных условиях залегания. Для сопоставления привлечены также результаты лабораторных исследований грунтов из зоны влияния проседающего здания, расположенного на водоразделе Тоннельной и Встречной балок. Выяснены закономерности колебаний влажности, плотности, начального просадочного давления и величины относительной просадочности в условиях городской застройки и естественного залегания.

Ключевые слова: лессы, просадочные свойства, типичный разрез, овражно-балочный.

The newest data on the properties of loess in the conditions of natural occurrence (Dnepropetrovsk)

K.A. Samoilych

Oles Gonchar Dnipropetrovsk National University

The results of the research of routing in the gullies, quarries, fields and the surrounding area of Dnepropetrovsk. We characterize the typical geological sections of the city, new data on the physical, physico-mechanical properties of soils of the Quaternary age, the regularities of change sagging properties in natural occurrence. To compare the results brought the results of laboratory tests of soil from the area of influence of sags of a building located in the watershed of the tract «Balka Tonellna» and «Balka Zustrichna». Clarified laws fluctuations humidity, density, initial pressure and the amount of subsidence relative subsidence in urban areas and natural occurrence.

Key words: loess, subsidence properties, a typical cross-section, gullies and ravines.

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, просп. Гагаріна, 72, Дніпропетровськ, 49010, Україна.

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, pr. Gagarina, 72, Dnipropetrovsk, 49010, Ukraine.

Tel.: +38-050-157-78-76. E-mail kseniya.sam@mail.ru

Введение. Приднепровский регион в основном лежит на Украинском кристаллическом щите, перекрытом неогеновыми глинами и четвертичными породами. Правобережье Днепропетровска относят к приледниковой лессовой равнине, сильно расчлененной овражно-балочной сетью рек Днепр и Мокрая Сура. Днепропетровск относится к городам с незначительной продолжительностью постоянно действующих антропогенных воздействий [12], но хаотичная интенсивная застройка города разноэтажными зданиями и сооружениями на грунтах, склонных к проседанию, стала причиной техногенных катастроф и аварий на ж/м «Тополь», ул. Кирова, ул. Вакуленчука, ул. Гавриленка, ул. Нахимова и др.

Изучение лессовой толщи Днепропетровска начал Л.Л. Иванов в 1914 г. с подробного описания погребенных почв, входящих в ее состав [7]. В 1916 г. В.Д. Ласкарев, исследуя образцы пород из лессовой серии на водораздельном плато между реками Днепр и Мокрая Сура (нынешняя территория между Тоннельной и Встречной балками), установил присутствие трех ярусов лесса, разделенных двумя горизонтами погребенной почвы. При описании типичного стратотипа вблизи с. Старые Кодачи М.Ф. Веклич [13] выделил чередование девяти почвенных и восьми лессовых горизонтов [3]. Построена инженерно-геологическая карта просадочных свойств грунтов территории Днепропетровска (1978), где показано площадное распространение непросадочных и просадочных грунтов I и II типа правобережья города.

В связи с ростом города на его территории постоянно проводились изыскания, но в течении длительного времени анализ физических, физико-механических свойств лессовых отложений выполнялся лишь в пределах территории застройки. Цель исследований – характеристика и выявление изменений физических, физико-механических свойств лессов в условиях естественного залегания. Главными задачами были изучение типичных для города геологических разрезов, отбор монолитов грунтов в количестве, достаточном для получения новых данных по физическим, физико-механическим свойствам пород, проведение лабораторных исследований с применением стандартных методик, выявление закономерностей по изменению просадочных свойств в естественных условиях залегания грунтов.

Определение просадочных свойств лессовых пород проводилось в рамках госбюджетной темы НИИ геологии ДНУ имени Олеся Гончара «Экспериментальное определение и прогноз изменений просадочных свойств (деградации) лессовых грунтов при техногенезе».

Материалы и методы исследований. Маршрутные наблюдения (2011 – 2014) проводились в Днепропетровске и за его пределами. Отобраны образцы лессов и погребенных почв: в Евпаторийской, Тоннельной, Встречной балках; в обнажении четвертичных пород вблизи с. Новониколаевка (Днепропетровский р-н); на верхних уступах Рыбальского гранитного карьера; из разработанных четвертичных горизонтов при добыче титано-циркониевых песков Малышевского месторождения (г. Вольногорск, Днепропетровская обл.) (рис. 1, а – е). Маршрутные наблюдения показали, что происходит активизация оползневых процессов на склонах Тоннельной, Евпаторийской, Встречной балок. Для сравнения физико-механических свойств в естественном состоянии и в зоне влияния сооружения были отобраны образцы из скважин, пробуренных для

определения причин проседания нового 12-этажного здания на водоразделе Встречной и Тоннельной балок.

После изучения геологических карт и основных типичных разрезов (при участии канд. геол.-мин. наук В.В. Манюка [9]) в качестве объекта изучения были выделены такие стратиграфические типы (табл. 1):

Таблица 1

Исходный материал для лабораторных исследований

Место отбора монолитов	Стратиграфический индекс отобранных образцов
Обнажение в овраге балки Евпаторийской	vd P _{II} ts, vd P _{II} dn, e P _{III} kd
Обнажение в верховье правого борта балки Тоннельной	vd P _{III} пс, e P _{III} df, e P _{III} bg, vd P _{III} ud
Обнажение в низовье левого борта балки Встречной	taH
Обнажение четвертичных пород вблизи с. Новониколаевка (Днепропетровский р-н)	e P _{III} vt, vd P _{III} ud, e P _{III} pl
Верхний уступ Рыбальского гранитного карьера	e P _{III} pl, vd P _{II} ts, e P _{III} kd
Разработка четвертичных горизонтов при добыче титано-циркониевых песков Малышевского месторождения (г. Вольногорск, Днепропетровская обл.)	vd P _{II} dn
Скважины, пробуренные в зоне влияния проседающего 12-этажного здания на водоразделе Тоннельной и Встречной балок	e P _{III} df, e P _{III} vt, vd P _{III} ud, vd P _{II} dn, vd P _{II} ts

В связи с освоением и урбанизацией свободных от строительства территорий города, предназначенных для малоэтажного строительства, важно иметь обновленную информацию о физико-механических свойствах пород в естественном залегании, в частности о просадочности грунтов.

Для определения просадочности лессового горизонта можно применять два подхода: косвенный и прямой [10]. К косвенным относятся физико-географические признаки (недостаточное увлажнение, значительная мощность толщи, глубокое залегание грунтовых вод), характеристики состава и состояния породы (низкая пластичность, высокая пористость, низкая естественная влажность, наличие цемента из водорастворимых солей), специальные показатели (K, K_d – показатель уплотненности). К прямым можно отнести те, которые непосредственно указывают на просадочные свойства и величину ожидаемой деформации. Величина этих показателей непосредственно связана с нагрузкой, объемом и характером увлажнения, при определенной величине которой возможно развитие просадочности. К таким показателям относятся: коэффициент относительной просадочности, начальные просадочные давление и влажность, а также суммарная просадка толщи лессовых пород и величина мощности просадочной толщи.

Для объяснения возникновения просадок в лесах [2] применялось установленное Б.В. Дерягиным представление о расклинивающем действии тонкого слоя воды. Просадочность грунтов обусловлена особенностями процесса формирования и существования толщ этих грунтов, в результате чего они находятся в недоуплотненном состоянии. В статье немецких исследователей [6; 11] отмечается, что одной из основных проблем лессовых отложений на практике являются структурные обвалы, вызванные нагрузкой и замачиванием. Этот процесс называется гидроконсолидацией, он описан как переход от открытой части упаковки частиц к более плотноупакованным. Наблюдения Ф.Л. Андрухина показали, что просадки начинаются и протекают по-разному, выделено четыре типа

просадочных деформаций: 1) проявляются немедленно после замачивания породы; 2) проявляются через длительное время после замачивания; 3) проявляются в течение длительного времени, медленно возрастая; 4) проявляются в виде карстового процесса, в лессах или глинах [1].

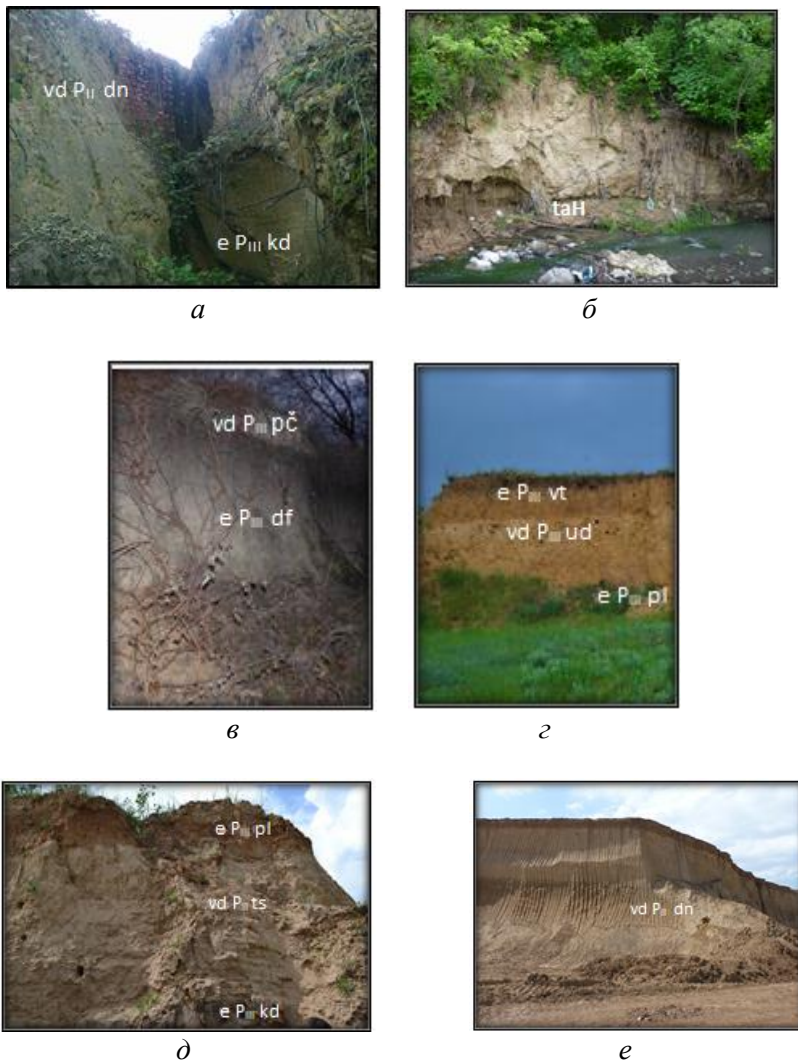


Рис. 1. Объекты исследования:

a – обнажение в овраге балки Евпаторийской; *б* – обнажение в низовье левого борта балки Встречной; *в* – обнажение в верховье правого борта балки Тоннельной; *г* – обнажение вблизи с. Новониколаевка (Днепропетровский р-н); *д* – обнажение в верхнем уступе Рыбальского гранитного карьера; *е* – обнажение, вскрытое при разработке титаново-циркониевого Малышевского месторождения (г. Вольногорск)

Результаты и их обсуждение. В соответствии с задачами исследования получены новые данные о физических, физико-механических свойствах грунтов в естественном залегании. Определены природная влажность (W), плотность (ρ),

число пластичности (I_p) и показатель текучести (I_L); по результатам компрессионных испытаний рассчитаны модуль деформации в природном (E) и водонасыщенном (E_{sat}) состояниях, начальное просадочное давление (P_{s1}) и величина относительной просадочности (E_{s1}). Все испытания и расчёты проводились самостоятельно по стандартным методикам в соответствии с ГОСТ-ами и действующими нормами. Компрессионные испытания проводились в лаборатории грунтоведения и механики грунтов ГААДУ «Укравтодор». В компрессионных приборах системы «Гидропроект» определен модуль деформации для монолитов ненарушенной структуры в интервале нагрузок 0,05 – 0,6 МПа. Получены просадочные характеристики лессовых грунтов в результате компрессионных испытаний по методике «двух кривых» с нагрузкой на образец до 0,6 МПа. Для некоторых образцов деформационные и просадочные показатели определялись в результате компрессионных испытаний по методике «одной кривой» с равномерной нагрузкой до 0,6 МПа.

В табл. 2 представлены результаты лабораторных исследований грунтов балки Тоннельной и зоны влияния сооружения на водоразделе балок Тоннельной и Встречной, которые сравнивались со средними значениями соответствующих горизонтов, полученных при составлении карты просадочных свойств грунтов территории Днепропетровска (1978). Данный отчет выбран из-за совпадения конечных целей исследования – определения просадочных свойств лессовых грунтов территории Днепропетровска.

Влажность пород естественного залегания в балке Тоннельной невысока из-за того, что образцы отобраны на выветриваемых стенках срыва. В зоне влияния сооружения высокая влажность в основном связана с изменениями поверхностного дренажа, временем года, снижением транспирации, утечками из бытовых и промышленных канализаций, строением фундамента [4]. В условиях города влажность грунта – непостоянная величина, которая меняется в широких пределах. Во время кратковременных циклов замерзания-оттаивания грунтов частицы подвергаются интенсивному тепло- и массообмену [5], что может стать причиной формирования новых грунтов с улучшенными либо ухудшенными свойствами.

Проанализировав результаты исследования, можно увидеть, что для причерноморского горизонта ($vd P_{III} p\check{s}$) плотность грунта увеличилась, число пластичности не изменилось, начальное просадочное давление увеличилось на несколько пунктов, а величина относительной просадочности незначительно уменьшилась.

Дофиновский горизонт ($e P_{III} df$) вскрыт на обоих участках исследования, плотность грунта увеличилась только на водоразделе, что вызвано нагрузкой от веса фундамента самого здания и размещенных рядом сооружений. Число пластичности лежит в пределах 0,05 – 0,09, начальное просадочное давление стало больше, что вызвано предварительным уплотнением грунтов перед строительством. Величина относительной просадочности в естественном залегании выше, чем на застроенном участке.

Сравнение физических, физико-механических свойств образцов грунтов (г. Днепропетровск)

Стратиграфический индекс	Тип грунта	Плотность грунта ρ , г/см ³	Природная влажность, W, д.е.	Число пластичности I_p , д. е.	Начальное просадочное давление P_{st} , МПа	Величина относительной просадочности E_{st}
Тоннельная балка						
vd P _{III} рс	Суглинки светло- и серовато-коричневые, легкие, лессовидные, сверху гумусированные	1,51 1,20 – 1,45	0,09	0,04 0,04 – 0,06	0,25 0,28 – 0,035	0,019 0,025 – 0,035
e P _{III} df	Суглинки серовато-коричневые, легкие и средние, местами песчаные	1,45 1,25 – 1,50	0,11	0,08 0,05 – 0,09	0,4 0,20 – 0,55	0,058 0,020 – 0,035
e P _{III} bg	Лессы и лессовидные суглинки, желто-палевые, легкие, мажоритарные, карбонатные	1,51 1,35 – 1,55	0,12	0,05 0,04 – 0,06	0,25 0,45 – 1,20	0,059 –
vd P _{III} ud	Лессы, лессовидные суглинки светло-палевые, легкие, известковистые	1,50 1,35 – 1,60	0,08	0,04 0,04 – 0,06	0,25 – 0,45 –	0,056 – 0,093 –
Зона влияния сооружения на водоразделе Тоннельной и Встречной балок						
e P _{III} df	Суглинки серовато-коричневые, легкие и средние, местами песчаные	1,60 1,25 – 1,50	0,20	0,08 0,05 – 0,09	1,0 0,20 – 0,55	0,025 0,020 – 0,035
e P _{III} vt	Суглинки светло- и темно-буро-коричневые с красным оттенком	1,75 –	0,15	0,05 0,06	5,0 –	0,015 –
vd P _{III} ud	Лессы, лессовидные суглинки светло-палевые, легкие, известковистые	1,57 1,35 – 1,60	0,13	0,05 0,04 – 0,06	0,75 –	0,019 –
vd P _{III} ud	Лессы, лессовидные суглинки светло-палевые, легкие, известковистые	1,65 1,35 – 1,60	0,13	0,04 0,04 – 0,06	0,6 –	0,032 –
vd P _{II} dn	Лессы и суглинки лессовидные, желто-палевые и светло-палевые, легкие и средние, известковистые	1,76 –	0,18	0,06 –	0,9 –	0,016 –
vd P _{II} dn	Лессы и суглинки лессовидные, желто-палевые и светло-палевые, легкие и средние, известковистые	1,75 –	0,20	0,07 –	1,2 –	0,025 –
vd P _{II} ts	Суглинок палево-желтый, коричневатого-палевого, известковистый, слабоуплотненный	1,85 1,40 – 1,54	0,22	0,05 –	1,0 –	0,011 –

Примечание: в числителе – результаты лабораторных исследований за 2014 г.; в знаменателе – средние данные по физическим и физико-механическим свойствам для соответствующих горизонтов за 1978 г. [7] (величина относительной просадочности в обоих случаях определена при давлении 3 МПа).

Бугский горизонт ($e P_{III} bg$) характерен только для Тоннельной балки, показатели плотности и пластичности входят в пределы средних значений, а начальное просадочное давление уменьшилось.

Витачевский горизонт ($e P_{III} vt$) характерен для водораздела балок Тоннельной и Встречной, показатели пластичности с 1978 г. не изменились, характерны высокие значения начального просадочного давления.

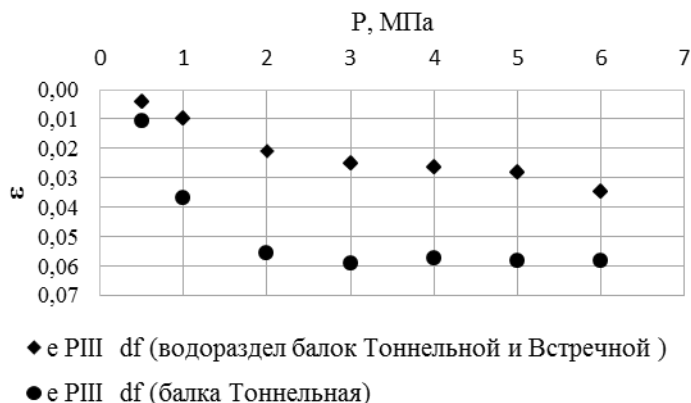
Удайский горизонт ($vd P_{III} ud$) вскрыт на обоих участках исследования, плотность грунтов незначительно выше среднего на водоразделе, что обусловлено давлением вышележащих слоев; пластичность находится в границах средних значений; начальное просадочное давление незначительно выше на водоразделе из-за предварительного уплотнения; величина относительной просадочности больше при естественном залегании в Тоннельной балке.

Днепровский горизонт ($vd P_{II} dn$) характеризуется более высокой плотностью, чем вышележащие слои, что обусловлено их давлением, начальное просадочное давление также достаточно высокое, но все же горизонт является просадочным.

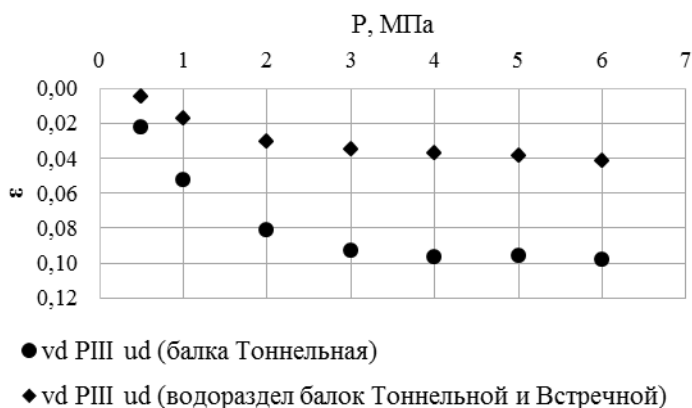
Тясминский горизонт ($vd P_{II} ts$), так же как и предыдущий, достаточно уплотнен, начальное просадочное давление и величина относительной просадочности также сходны.

Таким образом, разница между физико-механическими свойствами на водоразделе и в самих балках в том, что в балках снижена интенсивность техногенного воздействия, уменьшен объем потерь воды. Хотя и Тоннельная, и Встречная балки все же частично застроены, отбор проб проводился на незастроенной территории. Техногенное обводнение зоны влияния 12-этажного сооружения приводит к уплотнению грунта, способствуя снижению гидрофильности и изменению гранулометрического состава. Геоморфологический фактор также влияет на более высокие показатели просадочности водораздела балок Тоннельной и Встречной.

По результатам компрессионных испытаний для дофиновского ($e P_{III} df$) (рис. 2, *a*) и удайского ($vd P_{III} ud$) (рис. 2, *б*) горизонтов балки Тоннельной и водораздела балок Тоннельной и Встречной построены графики зависимости относительной деформации просадочности от давления $\varepsilon_{sl} = f(p)$, которые показывают, что в естественных условиях грунты более просадочны, так как отсутствует предварительное уплотнение, а просадочность лессовых пород водоразделов выше, чем в балках.



a



б
Рис. 2. Графики зависимости относительной деформации просадочности от давления $\varepsilon_{sl} = f(p)$ для дофиновского (e P_{III} df) (a) и удайского (vd P_{III} ud) (б) горизонтов балки Тоннельной и водораздела балок Тоннельной и Встречной

Выводы. Таким образом, по результатам проведенных маршрутных исследований в Днепропетровске и его окрестностях получены новые данные по физическим, физико-механическим свойствам грунтов в условиях естественного залегания в откосах, горных выработках и в зонах влияния сооружения. Выяснено, что в естественных условиях лессовые породы более просадочны, так как отсутствует предварительное уплотнение, но в тоже время лессовые породы водоразделов обладают более высокой просадочностью. Так что при изучении лессов нужно принимать во внимание всю совокупность факторов, влияющих на просадочность. Постоянное обновление данных по физико-механическим свойствам грунтов и сведение их в единую базу сократит сроки и затраты при изысканиях.

Библиографические ссылки

1. **Andruhin, F.L.** Issledovanie svyaznyh gruntov: principy kompressionnyh ispytaniy porod [Text]/ F.L. Andruhin. – M. – L., 1939. – 71 p. (in Russian).
2. **Denisov, N.Ja.** O prirode prosadochnykh javlenij v lessovidnykh suglinkah [Text]/ N. Ja. Denisov. – M.: Sov. nauka, 1946. – 173 p. (in Russian).
3. Derzhavna geologichna karta Ukraini. Central'noukrains'ka serija. Arkush M-36-XXXVI (Dnipropetrovs'k) [Tekst]/ V.O. Shpil'chak, V.V. Manjuk, V.V. Sukach, A.I. Nekrjach. – K.:UkrDGRI, 2007. – 116 p. (in Ukrainian).
4. **Dinjak, O.** Inzhenerno-geologichne rajonuvannja z metoju vijavlennja diljanok mozhlivogo rozvitku nebezpechnih geologichnih procesiv na bazi GIS ta kartografichnogo modeljuvannja. [Text]/ O. Dinjak// Visn. KNU. Ser. «Geologija» – 2013. – № 2 (61). – p. 53 – 57 (in Ukrainian).
5. **Grigor'ev, B.V.** Gisterezis pri promerzanii-ottaivanii vlazhnogo suglinka [Text]/ B.V. Grigor'ev. – Vestn. Irkutsk. un-ta – 2013. - №5 (76). – 61 p. (in Russian).
6. **Jehring, S.** Engineering Geology problems in loess deposits [Electronic resource]. – Across of the mode: http://www.geo.tu-freiberg.de/oberseminar/os06_07/Susann_Jehring.pdf. – Engineering Geology problems in loess deposits. – Title from the screen.

7. **Kravchenko, A.I.** Otchet inzhenerno-geologicheskaja karta prosadochnyh svojstv gruntov territorii g. Dnepropetrovska [Text]/ A.I. Kravchenko, V.N. Shelyakov. – D.: Izd-vo DISI, 1978. – 150 p. (in Russian).
8. **Krutov, V.I.** Osnovaniya i fundamenty na prosadochnyh gruntah [Text]/ V.I. Krutov. – K.: Budivel'nik, 1982. – 224 p. (in Russian).
9. **Manjuk, V.V.** Osoblivosti budovi chetvertinnih vidkladiv u tipovih rozrizah Seredn'ogo Pridniprovs'ja [Text]/ V.V. Manjuk// Visn. Dnipropet. un. Ser. «Geologija. Geografija». – 2013. – №14. – P. 8 – 14 (in Ukrainian).
10. **Priklonskij, V.A.** Gruntovedenie [Text]/ V.A. Priklonskij. – M.: Izd-vo MGU, 1952. – 383 p. (in Russian).
11. **Prost, E.** «Know More About Loess» [Text]/ E. Prost, M. Asce, J. Waxse// Geo-Strata – Geo Institute of ASCE, 2000. – Vol. 13, № 4. – P. 31 – 35.
12. **Sumatohina, I.M.** Ocinka trivalosti zdijsnennja antropogennogo vplivu na teritorii mist [Text]/ I. M. Sumatohina// Visn. Dnipropetr. un. Ser. «Geologija. Geografija». – 2005. – № 9. – P. 100 – 103 (in Ukrainian).
13. **Veklich, M.F.** Stratigrafija lessovyh formacij Ukrainy i sosednih stran [Text]/ M.F. Veklich. – K.: Nauk. dumka, 1968. – 238 p. (in Russian).

Надійшла до редколегії 28.02.2015

УДК 502.64:911.3 (477)

Geodiversity: new category in the development of the Nature reserve fund of Ukraine

Kh. M. SamoiloVA, D. O. SamoiliCh, V.V. Manyuk

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University

As part of the set geodiversity role in shaping the Nature reserve fund of Ukraine. The history of the emergence of the concept: geodiversity. Historical background of geological monuments as a new category of Natural reserve fund Ukraine. Create geosites, geotops and geopark as a way to protect geodiversity. The problem of preserving the diversity of abiotic world for future generations.

Key words: nature Reserve Fund of Ukraine, geodiversity, geosites, geopark.

Георізноманітність: нова категорія в розвитку природно-заповідного фонду України

Х.М. Самойлова, Д.О. Самойлич, В.В. Манюк

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

Установлено роль георізноманітності у формуванні природно-заповідного фонду України. Розглянуто історію поняття «георізноманітність». Проаналізовано історичні передумови виникнення геологічних пам'яток як нової категорії природно-заповідного фонду України. Показано важливість геосайтів, геотопів, геопарків як способів захисту георізноманітності. Висвітлено проблему збереження різноманітності абіотичного світу для нащадків.

Ключові слова: природно-заповідний фонд України, георізноманітність, геологічні пам'ятки, геопарки.

Introduction. Nature Reserve Fund (NRF) of Ukraine are areas of land and water area, natural systems and objects which have a special nature, scientific, aesthetic, recreational and other value and marked to preserve the natural diversity of landscapes,

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, просп. Гагаріна, 72, Дніпропетровськ, 49010, Україна.

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, pr. Gagarina, 72, Dnipropetrovsk, 49010, Ukraine.

Tel.: +38-095-420-61-12. E-mail: kristikrest@meta.ua

animal and plant gene pool in the world, maintaining general ecological balance and provide background environmental monitoring.

Geodiversity is a relatively new category of the NRF in Ukraine. Create geological heritage monuments in Ukraine began in the 30s of the last century (Monastyrski cliffs).

In 1961 of geological monuments first gained official status. In 1985, he issued a guide directory «Geological monuments of Ukraine» Ukraine 1993 is a participant of the Central ProGeo (European Association for the Conservation of geological heritage). That is membership in this international organization revived movement for the conservation of geological heritage in our country. The project GEOSITES developed in 1995 by the International Union of Geological Sciences (IUGS) with the support of UNESCO Ukraine updated register of monuments of geological heritage and has released four volumes of the book «Geological natural monuments of Ukraine» [10].

Currently in the NRF recorded 370 geological sites, with different environmental status [1]. Among them are the different types: stratigraphic, geochronological, paleontological, mineralogical, petrological, tectonic, volcanic, cosmogenic and geomorphological and landscape, hydrological and hydrogeological, beautiful (aesthetic), technogenic, complex.

Material and methods of research. When developing the methodological framework programs for the conservation of biological and landscape diversity, the concept geodiversity included in conservation practice in Europe [13].

Geodiversity can be defined simply as a set of geological (rocks, minerals, fossils), geomorphological (landscape, physical processes) and hydrogeological processes (natural and artificial sources). It includes their complexes, relationships, properties and interpretation system [6].

The term first appeared in articles Tasmanian and Australian scientists in the mid-1990s [4; 9; 11], shortly after the adoption by many countries of the United Nations (UN) Summit in Rio de Janeiro in 1992, the Convention on Biological Diversity on Earth. Tasmanian Geophysics realized that there are many parallels between biological diversity and variety in abiotic world [7].

Over time, the use of the term «gediversity» spread, particularly in Australia [2; 3], Scandinavia [8] and the UK [6].

Some definitions from the UK and Europe include cultural aspects, as an example of the wording of the Manifesto of the European heritage of the Earth and geodiversity «Geodiversity connects the Earth, its people and its culture ...» [7].

So, gediversity - a variety of elements of geology - rocks, minerals, fossils and natural landforms that are formed over geological time, together with natural processes such as erosion and landslides that are active today.

Therefore, recognition geodiversity enables to increase awareness of the importance of abiotic (physical, rather than biological) parts of the ecosystem.

Results and discussion. Create geosites, geotops and geopark is a way to protect geodiversity. Geosites defined as sites of special scientific interest, and geotops - a valuable geological and geomorphological formation, covering a territory.

At the level of environmental practices in geoheritage implemented a number of international and national programs to geosites selection of international importance, extension of protected categories and creating geopark - innovative forms of conservation and recreational use geoheritage.

The European Geoparks Network (EGN), established in 2015, now consists of 64

Geoparks from 22 European Countries. Working together, the members co-operate to promote the protection of their geological heritage and to use that heritage to promote sustainable economic development in their respective regions.

The concerned communities established the Global Geopark Network (GGN) supported by UNESCO in 2004 to conserve Earth's geological heritage, as well as to promote the sustainable research and development. The GGN membership is formed by national geological parks, or geoparks — local areas focused on the protection of geological features and heritage.

Of the 936 sites inscribed on the World Heritage List, 725 are cultural, 183 are natural and 28 are mixed sites. Only 20 are inscribed primarily because of their geological interest.

In Ukraine, the World Heritage List includes only one historical and geological monument – Kamyana Mohyla (2006) [12]. But, there are many sites that deserve to be credited to the World Heritage List.

During the English Geodiversity Forum (2013) in the UK has developed a program recommendations for actions to preserve, care and use geodiversity (Geodiversity Charter for England) [5] for citizens, organizations, land users, landowners, industrialists, business sector, local and state authorities, educational sector investors. Its position can be adapted to Ukraine.

1. To develop their own sense of pride should visit, explore and encourage others to store objects of the geological heritage of Ukraine.

2. To promote local attractions, use them for recreation, photo shoots and celebration.

3. Placing information on social networks about visiting geological monuments.

4. Refrain from vandalism and stretching historic sites.

5. Assist in the identification and registration of new geosites.

6. Arrange for school, travel and study tours.

7. Make geological features elements of local history of his native land.

8. Promote the value and use geodiversity Ukraine through research and presenting them to the public domain.

9. Actively cooperate with other countries to share knowledge and experience in the creation and protection geosites and geopark.

10. Hold conferences, forums, congresses, seminars, public lectures on all levels.

11. Exchange of students, graduate students and young scientists.

12. Create thematic web sites for kids and adults.

13. Establish a strong bond of culture and nature.

Privacy geodiversity allows solving the following problems: the possibility of a variety of organic life, the preservation of characteristic forms of important geological outcrops and hydrological objects to preserve the structure of natural and cultivated landscapes.

It is clear that the provision of geological heritage objects official status does not guarantee complete protection. Constant change economic policy, moral values, political opinion adversely affected sites.

Therefore, protecting our heritage we thus raise national awareness and love of country.

Conclusion. All geological objects are particularly vulnerable not only to human

influence but to a variety of natural processes such as invasion of vegetation, weathering, which over time can lead to a significant deterioration of monuments or even destroy it (Outcrop of Miocene Tomakivski layers).

Recognition of place as the geological nature monument to take a certain action to prevent these processes. There are many geological sites around the world that are of international importance, and we are responsible for ensuring that the geological heritage. Only by working together, we can ensure that geodiversity our time, we are proud to be passed on to future generations.

References

1. Atlas natural reserve fund of Ukraine [Text] / A. Gracheva. –K.: KNU, 2003. – 149 p.
2. **Montlock, A.** Australian Heritage Commission. Australian Natural Heritage Charter [Text]/ A. Mortlock, A. Ink. – 1nd ed. – Canberra: Australian Heritage Commission, 1996. – 43 p.
3. **Montlock, A.** Australian Heritage Commission. Australian Natural Heritage Charter [Text]/ A. Mortlock, A. Ink. – 2nd ed. – Canberra: Australian Heritage Commission, 2002. – 32 p.
4. **Dixon, G.** Aspects of Geoconservation in Tasmania: A Preliminary Review of Significant Earth Features. Report to the Australian Heritage Commission [Text] / G. Dixon // Occasional Paper. – № 32. – 1995. – P. 34 – 40
5. **Dunlop, L.** A Geodiversity Charter for England [Text] / L. Dunlop // ProGeo News. – №2. – 2014. – P.3-5.
6. **Gray, M.** Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature [Text] / M. Gray. – Chichester: John Wiley & Sons, 2004. – P. 4-12
7. **Gray, M.** Geodiversity and Geoconservation: What, Why, and How? [Text] / M. Gray // The George Wright Forum. – 2005. – Vol. 22. – № 3. – P. 4 – 12.
8. **Johansson, C.E.** Geodiversitet I Nordisk Naturvard [Text]/ C.E. Johansson, K. Geirsson. – Copenhagen: Nordisk Ministerraad, 2000. – 148 p.
9. **Kiernan, K.** The Conservation of Glacial Landforms [Text] / K. Kierman. – Hobart: Forest Practices Unit., 1996. – 48 p.
10. **Manuk, V.V.** Geological component in the formation of natural – reserved fund of Ukraine [Text] / V.V. Manyuk // Visn. Dniprop univ. Ser. «Geol.Geogr.». – 2014, №15. – P.29 – 33.
11. **Sharples, C.** A Methodology for the Identification of Significant Landforms and Geological Sites for Geoconservation Purposes [Text] / C. Sharples. – Hobart: Forestry Commission, 1993. – 54p.
12. **Skachenco, O.O.** UNESCO World Heritage site in Ukraine [Text] / O.O. Skachenco – K.: Vyd. centre KNUKiM, 2014. – 71 p.
13. **Zinko, Y.** The problem of geodiversity in european programs of preserving bio- and landscape diversity [Text] /Y. Zinko. // Visnyk Lviv univ., «Ser.Geogr». – 2004, №31. – P. 235 – 240.

Надійшла до редакції 28.02.2015

УДК 911.52:[910.2+004.9]

Метризація ландшафтної різноманітності Павлисько-Верхньодніпровського фізико-географічного району

О.В. Сизенко

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

Проаналізовано та узагальнено досвід застосування окремих методик метризації ландшафтної різноманітності на прикладі Павлисько-Верхньодніпровського фізико-географічного району. Розглянуто підходи до дефініції терміна «ландшафтна різноманітність», покладеного в основу самої концепції, визначено основні методики параметричної метризації ландшафтної різноманітності та проаналізовано досвід їх застосування. Проведено картографування ландшафтної різноманітності досліджуваної території. Розраховано показники та виділено найбільш фрагментовані ділянки. У результаті аналізу ландшафтної різноманітності виділено 13 місцевостей і 10 типів урочищ.

Ключові слова: ландшафтна різноманітність, метризація, місцевість, урочище, топологічна презентативність.

Metrication of landscape diversity of the Pavlysh-Verkhnodniprovsk physiographic region

O.V. Syzenko

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University

The purpose of this study is to analyze and summarize the experience of the use of certain metrication techniques of landscape diversity on the example of their application within Pavlysh-Verkhnodniprovsk area. The landscape structure of study area is mapped and metricated. Mapping of landscape diversity allowed to distinguish 13 types of localities and 10 types of tracts. For each locality taxonomic diversity indices, topological manifold, taxonomic and functional loading were calculated.

Key words: landscape diversity, metrication, locality, tract, topological manifold.

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, просп. Гагаріна, 72, м. Дніпропетровськ, 49010, Україна.

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, pr. Gagarina, 72, Dnipropetrovsk, 49010, Ukraine.

Tel.: +38-098-482-49-54. E-mail: olegsizenko@yahoo.com

Постановка проблеми та її актуальність. На межі двох сторіч ландшафтознавство увійшло в новий, постнеокласичний період свого розвитку. В умовах активного перетворення природи людиною виникає потреба збереження як біотичної, так і ландшафтної різноманітності. Концепція збалансованого розвитку, покладена в основу територіального планування та менеджменту, чітко визначає головне завдання сучасного ландшафтознавства – дослідження природно-територіальних комплексів із позиції їх різноманітності. Оскільки процес формування теоретичного підґрунтя концепції ландшафтної різноманітності триває й досі, усе більшої актуальності набуває проблема розробки методології оцінки внутрішньої різноманітності окремих ландшафтних таксонів різних рангів. Ландшафтознавці повинні мати адекватний математичний арсенал, щоб повністю задовольняти різні нагальні суспільні запити. Математична формалізація як найбільш об'єктивний метод дослідження ландшафтної різноманітності потребує методологічної розробки окремих універсальних індексів та параметрів, що в подальшому можуть стати дієвими інструментами ландшафтного аналізу.

Зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Розробка і впровадження методології оцінки ландшафтної різноманітності – необхідна передумова охорони та відновлення ландшафтів, що дозволить суттєво вдосконалити основні принципи природокористування відповідно до вимог концепції збалансованого розвитку, уможливить проектування екологічних мереж на основі ландшафтної різноманітності території.

Вихідні передумови. Оцінці ландшафтної різноманітності конкретних територій присвячена значна кількість наукових публікацій, найбільш знаковими з яких є праці В. Гриневецького [1], М. Гродзинського [3], А. Домаранського [5], С. Кукурудзи [6], В. Пашенка [9]. Досить перспективний підхід до оцінки ландшафтної різноманітності із застосуванням геоінформаційних технологій і програмних засобів ГІС запропонували Д. Чмишенко та Д. Свідзінська [12]. Проблема ландшафтної різноманітності присвячений цілий збірник наукових праць за редакцією О. Маринича [11]. Проте питання сфери застосування різних методик для конкретної території, всебічного дослідження різноманітності ландшафтних таксонів, виділення найбільш важливих кордонів залишається відкритим.

Суть і завдання. Суттю цього дослідження є аналіз та узагальнення досвіду застосування окремих методик метризації ландшафтної різноманітності на прикладі їх застосування в Павлисько-Верхньодніпровському районі, виявлення найбільш об'єктивних та універсальних засобів оцінки різноманітності ландшафтних таксонів. Для виконання поставленого завдання необхідно вирішити низку питань, а саме: 1) розглянути підходи до дефініцій терміна «ландшафтна різноманітність», покладених в основу самої концепції; 2) визначити основні методики параметричної метризації ландшафтної різноманітності та проаналізувати досвід їх застосування; 3) провести картографування ландшафтної різноманітності досліджуваної території; 4) розрахувати показники ландшафтної різноманітності й виділити найбільш фрагментовані ділянки.

Виклад основного матеріалу. В основі кількісних методів оцінки ландшафтної різноманітності покладено ідею про те, що територіальну конфігурацію ландшафту можна охарактеризувати деяким кількісним показником (показниками) [2; 9].

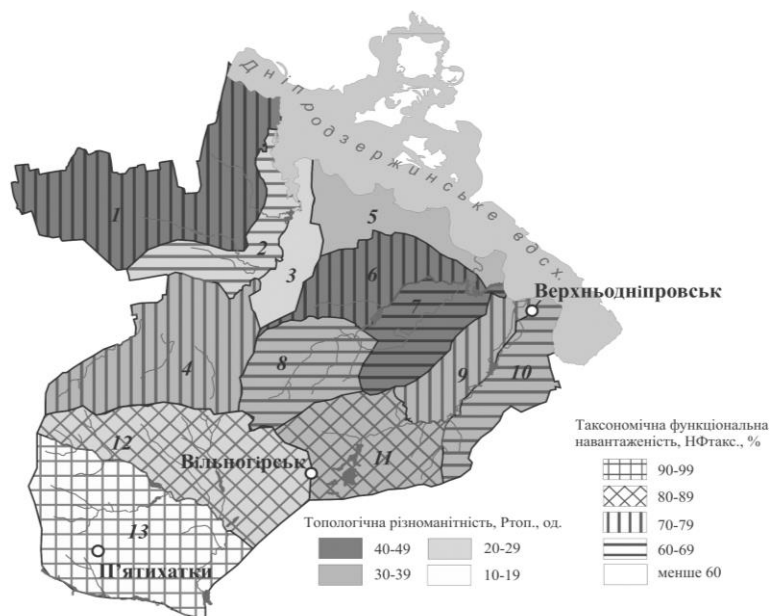
М.Д. Гродзинський [3] пропонує розрізняти хорологічну (кількість контурів геосистем у межах певного регіону) і типологічну (кількість видів геосистем на одиницю площі) різноманітність. А.О. Домаранський групує параметричні показники ландшафтної різноманітності у два блоки – структурно-часового та функціонально-часового спрямування [4]. Структурно-часові показники дозволяють оцінити таксономічну різноманітність, утворену таксономічними одиницями геокомплексів, а також топологічну різноманітність – своєрідний просторовий орнамент території. За допомогою параметрів функціонально-часового спрямування можна виявити властивості, набуті ландшафтами в умовах прогресуючої антропоїзації. Для кожного з блоків автор виділяє три рівні: загальний, таксономічний та індивідуальний.

Г.П. Пилипенко і С.П. Вельчева [10] у результаті дослідження ландшафтної різноманітності Тарутинського й Болградського районів дійшли висновку, що її територіальну структуру найкраще відображають виділені А.О. Домаранським [4] параметри співвідношення площ окремих геокомплексів, а саме таксономічна й індивідуальна топологічна різноманітність, а також топологічна презентативність.

Л.І. Патрушева [8], оцінюючи ландшафтну різноманітність Миколаївської області, застосовує показник топологічної ентропії – міри врівноваженості розмірів кожного з ареалів поширення геокомплексів (за показниками площ у відсотках) у межах окремих ландшафтних таксонів, які розраховують за допомогою систематизованої вибірки ключових ділянок.

Ураховуючи досвід застосування різних показників ландшафтної різноманітності, як найбільш презентативні ми обрали таксономічну різноманітність, топологічну різноманітність (мозаїчність), топологічну та індивідуальну топологічну презентативність із блоку структурно-часових параметрів, а також таксономічну функціональну навантаженість із блоку функціонально-часових параметрів [4]. Основна ландшафтноорганізовувальна ділянка земної поверхні – певні місцевості. Відповідно для кожної з них аналізували різноманітність урочищ. У розрахунках таксономічної функціональної навантаженості місцевостей ураховували лише агрономічні функції агроландшафтів та соціогосподарські функції селітебних ландшафтів і ресурсні функції кар'єрів.

Павлисько-Верхньодніпровський фізико-географічний район згідно зі схемою районування, запропонованою О.М. Мариничем [7], належить до Південнопридніпровської схилово-височинної області Дністровсько-Дніпровського краю північно-степової підзони і фактично знаходиться на межі лісостепової та степової зон України. Ми досліджували територію, що належить до Дніпропетровської адміністративної області (близько 70 % від загальної площі району). Картографування ландшафтної різноманітності дозволило виділити 13 місцевостей, а також 10 типів урочищ. Для кожної місцевості було розраховано індекси таксономічної різноманітності ($P_{\text{такс.}}$), топологічної різноманітності ($P_{\text{топ.}}$) і таксономічної функціональної навантаженості ($H\Phi_{\text{такс.}}$). Результати подано на рисунку.



Ландшафтна різноманітність та функціональна навантаженість місцевостей Павлисько-Верхньодніпровського фізико-географічного району:

1 – Міжомельницька місцевість; 2 – Нижньоомельницька лівобережна; 3 – Нижньоомельницька правобережна; 4 – Верхньоомельницька; 5 – Придніпровська; 6 – Домотканська лівобережна; 7 – Домотканська правобережна; 8 – Верхньодомотканська; 9 – Самотканська лівобережна; 10 – Самотканська правобережна; 11 – Верхньосамотканська; 12 – Лозоватська; 13 – П’ятихатська.

Як зрозуміло з рисунка, найвищі показники топологічної ландшафтної різноманітності було встановлено в Міжомельницькій, Домотканській лівобережній та Домотканській правобережній місцевостях. У місцевостях, що прилягають до них, топологічну різноманітність оцінено як середню.

Дещо нижчу топологічну різноманітність установлено в Нижньоомельницькій лівобережній та Нижньоомельницькій правобережній місцевостях, що можна пояснити більш однорідним рельєфом цих територій. Низький показник топологічної різноманітності у П’ятихатській місцевості.

Найвищий показник таксономічної ландшафтної різноманітності має Верхньосамотканська місцевість, що можна пояснити значною кількістю техногенних ландшафтів у поєднанні із досить високою різноманітністю комплексів природного походження. Середні значення таксономічної різноманітності мають 5 місцевостей, нижче середніх – 2 місцевості. У решти п’яти місцевостей установлено низькі показники, що дозволяє вважати їх внутрішню структуру більш однорідною.

Найбільш функціонально навантаженими місцевостями виявилися найпівденніші – П’ятихатська, Лозоватська й Верхньосамотканська. Найменш навантаженими – Нижньоомельницька правобережна та Придніпровська місцевості.

Кореляційної залежності між аналізованими трьома показниками виявлено не було. Таксономічна та топологічна ландшафтна різноманітність формуються переважно завдяки рельєфу територій, тому максимальні їх значення одержано в місцевостях зі складнішою геоморфологічною структурою. Функціональна

таксономічна навантаженість залежить від особливостей розселення, наявної природно-ресурсної бази й ступеня господарської освоєності території. Для всієї досліджуваної території також розраховано топологічну ($\Pi_{\text{топ.}}$) презентативність та індивідуальну топологічну різноманітність ($P_{\text{топ. інд.}}$) основних типів урочищ (таблиця).

Топологічна презентативність та індивідуальна топологічна різноманітність основних типів урочищ Павлисько-Верхньодніпровського фізико-географічного району

Тип урочища	Площа, км ²	$\Pi_{\text{топ.}}$, %	$P_{\text{топ. інд.}}$
Рілля на плакорах	396,60	19,86	15
Рілля на слабопохилих схилах	520,01	26,04	62
Рілля на крутосхилах	295,36	14,79	25
Сади	9,79	0,49	11
Агропромислові лісонасадження на плакорах	27,16	1,36	3
Селітебна забудова	155,57	7,79	75
Кар'єри та відвали	14,58	0,73	1
Річкові заплави з лучною рослинністю	298,95	14,97	30
Балки зі злаково-різнотравними степами	134,40	6,73	76
Байрачні ліси	144,58	7,24	189

Таким чином, найбільш топологічно презентативні для даної території – сільськогосподарські орні землі, переважно на плакорах та слабопохилих схилах. Досить високі значення топологічної презентативності мають річкові заплави, збережені по долинах таких малих річок району, як Омельник, Домоткань, Самоткань та Лозуватка. Особливістю Павлисько-Верхньодніпровського фізико-географічного району є поширення долинно-балкових ландшафтних комплексів, представлених урочищами балок зі злаково-різнотравними степами та байрачних лісів. Інші комплекси, включаючи селітебні, лісогосподарські й техногенні, мають низьку топологічну презентативність.

Щодо індивідуальної топологічної різноманітності, то її найвище значення мають урочища байрачних лісів, строкатість яких і формує унікальне ландшафтне «обличчя» досліджуваної території. Більш ніж наполовину менша індивідуальна топологічна різноманітність балок зі злаково-різнотравними степами та селітебною забудовою. Інколи зустрічаються лише кар'єри й відвали, а також агропромислові лісонасадження на плакорах.

Висновки. Одними з найбільш презентативних показників ландшафтної різноманітності є таксономічна й топологічна різноманітність (мозаїчність), топологічна й індивідуальна топологічна презентативність із блоку структурно-часових параметрів, а також таксономічна функціональна навантаженість із блоку функціонально-часових параметрів. Павлисько-Верхньодніпровський фізико-географічний район має достатньо високі показники ландшафтної різноманітності, що можна пояснити особливостями рельєфу та характером господарської освоєності регіону. У результаті аналізу ландшафтної різноманітності виділено 13

місцевостей і 10 типів урочищ. Найбільш різноманітні в ландшафтному відношенні – Міжомельницька та Домотканська лівобережна місцевості, а найбільш топологічно презентативні – сільськогосподарські орні землі, переважно на плакорах і слабопохилих схилах. Одержані результати репрезентують внутрішні відмінності в межах району, із урахуванням яких можна розробити оптимальну структуру природокористування в межах досліджуваної території, зберегти і збільшити його ландшафтну різноманітність.

Бібліографічні посилання

1. **Hrynevetskyi, V.T.** To the study of basic concepts and methodology of research landscape diversity in Ukraine [Text] / V.T. Hrynevetskyi // Ukrainian Geographical Journal. – 2000. – № 2. – P. 8–13 (in Ukrainian).

2. **Hrodzynskyi, M.D.** Cognition the landscape, place and space [Text.]: a monography in 2 vols. / M.D. Hrodzynskyi – K.: Kyiv University, 2005. – Vol.2. – 363–374 p. (in Ukrainian).

3. **Hrodzynskyi, M.D.** The variety of landscape manifolds [Text] / M.D. Hrodzynskyi // Landscape as integrating concept XXI century: Coll. Scien. Works – K., 1999. – P. 50–56 (in Ukrainian).

4. **Domaranskyi, A.O.** Anthropisation of landscapes and its impact on the estimating parameters of landscape diversity [Text] / A.O. Domaranskyi // Scientific Notes of Vinnytsia State Pedagogical University. Ser.: Geography. – 2003. – № 6. – P. 44–51 (in Ukrainian).

5. **Domaranskyi, A.O.** About parametric estimation of landscape diversity [Text] / A.O. Domaranskyi // Ukrainian Geographical J. – 2003. – № 3. – P. 21–26 (in Ukrainian).

6. **Kukurudza, S.** Essence and metric parameters landscape systems [Text] / S. Kukurudza. – Vinnitsa: Hypanis, 2000. – 57 p. (in Ukrainian).

7. National Atlas of Ukraine [Text] / ed. B.E. Paton. – K.: SSPE «Cartography», 2007. – 440 p. (in Ukrainian).

8. **Patrusheva, L.I.** Analysis of landscape diversity of Mykolayiv region [Text] / L.I. Patrusheva // Culture of Black Sea region folks. – 2006. – № 81. – P. 7–10 (in Ukrainian).

9. **Pashchenko, V.M.** The study of landscape diversity and variance / invariance of landscapes [Text] / V.M. Pashchenko // Ukrainian Geographical J. – 2000. – №2. – P. 8–13 (in Ukrainian).

10. **Pylypenko, H.P.** Features of the structure of landscape diversity of Tarutino and Belgrade regions [Text] / H.P. Pylypenko // Scientific Notes of Ternopil State Pedagogical University. – 2010. – №1. – P.254–260 (in Ukrainian).

11. Problems landscape diversity of Ukraine [Text]: scientific papers. – K., 2000. – 268 p.

12. **Chmyshenko, D.I.** Analysis of landscape diversity: a quantitative approach [Text] / D.I. Chmyshenko // Geopolitics and ecoenergy dynamic of regions. – 2014. – Vol. 10. – P. 245–249 (in Ukrainian).

Надійшла до редколегії 01.02.2015

УДК 563. 4+551.781.43 (477.63)

Спонгиофоссилии верхнеэоценовых отложений Среднего Приднепровья (съемочный лист «Кобеляки»)

Т.А. Стефанская

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

Впервые изучены спикеры губок из палеогеновых отложений площади съемочного листа «Кобеляки». Показано присутствие в породах 45 таксонов спикер (согласно классификации М.М. Иваника, 2003). Определены их морфотипы. Установлено доминирование мегасклер «мягких» Demospongiae: про-, плагио-, орто-, диho-, анатриены, кальтропы, гладкие и шиповатые оксы, субтилостили, стронгили, офноксы; диены, монены, кальтропы с редуцированным манубриумом (олимитриены) встречаются реже. Многочисленны микросклеры: стеррастры, сферастры, оксисферастры, оксиастры. Часто встречаются фрагменты диктиональных решеток и свободные спикеры шестилучевых губок (пентактины, гексактины). Сравнительно редки мегасклеры литистид (филлотриены, тетракрепидные десмы, тридеры, мега- и дикраноклоны). Структура палеоценозов определена с помощью морфологического анализа спикер. В позднем эоцене здесь преобладали «мягкие» губки с несвязанным скелетом из класса Demospongiae (отрядов Poecilosclerida, Astrophorida, семейств Geodiidae, Pachastrellidae, Ancorinidae, Calthropellidae, Tethyidae, Crellidae) и шестилучевые губки класса Hexactinellida (отрядов Hexactinosida, Lyssacinosida). Небольшое количество спикер губок подкласса Lithistida (семейств Corallistidae, Theonellidae, Phymaraphiniidae, Chenendoridae, Pleromidae) и отсутствие фрагментов литистидных решеток свидетельствуют о возможном переносе десм с соседних, более мелководных, участков моря. По результатам изучения спикер доказан позднеэоценовый (обуховский) возраст вмещающих пород.

Ключевые слова: спикеры губок, верхний эоцен, обуховская свита, Среднее Приднепровье.

Sponge fossils of Middle Dnieper River Upper Eocene deposits (geological survey sheet area «Kobelyaki»)

T.A. Stephanska

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, просп. Гагаріна, 72,
Дніпропетровськ, 49010, Україна.
Oles Gonchar Dnipropetrovsk National University, Gagarin av., 72, Dnipropetrovsk, 49010, Ukraine.
Tel.: +38-067-947-45-04. E-mail: ivanovatayana@rambler.ru

For the first time sponge spicules of the Paleogene on the geological survey sheet area «Kobelyaki» were studied. Using artificial classification M.M. Ivanik (2003) 45 taxa spicules were found in rocks. Morphological types spicules were defined. In the complexes following megascleres of «soft» Demospongiae are dominant: pro-, plagio-, ortho-, dico-, anatriaenes, caltrops, smooth and echinated oxeas, subtylostyls, strongyls, ophioxeas. Diaenes, monenes, caltrops with reduced beam (olimtriaenes), are less common. Microscleres are numerous: sterrasters, sphaerasters, oxysphaerasters, oxyasters. Fragments of dyctional gratings without lychnisks and free spicules of hexactinellid sponges are frequent (pentactines, hexactines). Megascleres of lithistid sponges (phyllotriaenes, tetracrepid desmas, triders, megaclones, dicranoclones) are relatively few. The palaeocenosis structure that existed in the Obukhov Sea on this area, it was found by morphological analysis of sponges spicules. In the Obukhov time following sponges dominated here: «soft» sponges with unrelated skeleton that belonged to the class Demospongiae (orders Poecilosclerida, Astrophorida and families Geodiidae, Pachastrellidae, Ancorinidae, Calthropellidae, Tethyidae, Crellidae) and hexactinellids of class Hexactinellida (orders Hexactinosida and Lyssacinosida). A few sponges spicules (belonged to the subclass Lithistida, families Corallistidae, Theonellidae, Phymaraphiniidae, Chenendoporidae, Pleromidae) and lack lithistid skeletal gratings fragments in the studied complexes may indicate a desmas transfer from neighboring, a shallow Obukhov stations, which were confined to the nearby slope of the Ukrainian Shield. On the base of sponge spicules studying the Late Eocene (Obukhov) age of surrounding deposits is proved.

Key words: sponge spicula, Upper Eocene, Obuchovian Suite, Middle Dnieper region.

Введение. Площадь исследований расположена на стыке юго-восточной части Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ) и северо-восточного склона Украинского щита (УЩ). Согласно унифицированной схеме палеогеновых отложений Украины [28] данная территория относится к юго-западному району ДДВ. В этом районе широко развиты верхнеэоценовые отложения обуховской свиты, для которых он является стратотипическим. Породы представлены зеленовато-серыми слюдыстыми глауконитовыми алевритами (наглинком), глауконитовыми бескарбонатными глинами, песчаниками, слюдыстыми глауконитовыми песками [28; 29]. Подобные образования в основном содержат остатки ископаемых организмов с кремнистым скелетом: агглютинирующих фораминифер, радиолярий, губок, диатомей, динофлагеллят. Карбонатная фауна редка. Так, моллюски встречаются в виде отпечатков и ядер [28]. Находки секреторных фораминифер единичны, известны по данным И.Д. Коненковой [9]. Ею в междуречье Ворсклы и Орели (в районе кургана Могила Средистепная) в известковых алевролитах скважины 148 обнаружены 11 видов мелких фораминифер, принадлежащих родам *Baggina*, *Cibicides*, *Heterolepa*, *Pseudoparella*, *Asterigerina*, *Elphidium*, *Melonis*, *Florilus*, *Globigerina*, *Bolivina*.

Одними из наиболее многочисленных и распространенных кремневых фоссилий, характерных для обуховских отложений, являются спикулы губок. Для верхнего эоцена юго-западного района ДДВ известны следующие морфологические разновидности спикул, установленные М.М. Иваником [28; 29]: микростронгили, мелкие оксы, акантоксы, тилоты, триены. Что касается непосредственно Среднего Приднепровья, то верхнеэоценовые спонгиофоссилии определены и описаны здесь только в Верховцевской депрессии [4; 5], хотя в литературе широко отмечается их присутствие в отложениях палеодепрессий УЩ и прилегающего склона ДДВ [1; 6; 9; 10]. Однако даже эти немногочисленные публикации свидетельствуют о разнообразных ассоциациях спикул в обуховских отложениях данного региона.

В последнее десятилетие производственным объединением КП «Южукргеология» на этой территории проводились картировочные работы в

рамках государственной программы геологического доизучения площадей «Госгеолкарта–200». Детальное палеонтологическое исследование керновых материалов площади съемочного листа М-36-XXIX «Кобеляки», проведенное автором, подтвердило наличие в районе исследований отложений обуховского региояруса верхнего эоцена и позволило датировать их по спонгиоспикулам, что особенно важно, учитывая почти полное отсутствие в породах других фаунистических остатков.

Материалы и методы. Изучен керн четырех скважин, заложенных на площади листа М-36-XXIX «Кобеляки» в Магдалиновском, Царичанском и Новосанжарском районах Днепропетровской и Полтавской областей. Палеонтологический анализ более 200 образцов пород показал наличие отложений среднего, верхнего эоцена и нижнего олигоцена (соответственно киевского, обуховского, межигорского и берекского региоярусов). Наиболее представительный комплекс спонгиофоссилий, определяющий позднеэоценовый (обуховский) возраст вмещающих пород, встречен лишь в керне скважины 1, пробуренной на окраине с. Ивановка Магдалиновского района Днепропетровской области (рис. 1).

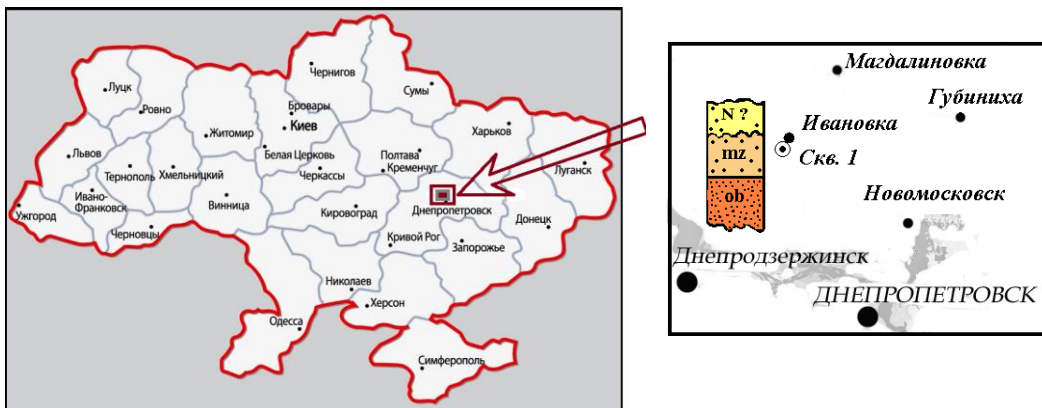


Рис. 1. Схема расположения района исследований

Для микропалеонтологических исследований отобраны 60 образцов (интервал глубин 30,0 – 83,0 м). В 18 образцах (67,0 – 83,0 м) обнаружены спикулы. Извлечение их из породы осуществлено по стандартным методикам микропалеонтологических исследований и в соответствии с рекомендациями к обработке спонгиофоссилий [3]. Для отбора спикул использован световой микроскоп МБС-1. Морфология фоссилий изучена с помощью растрового электронного микроскопа РЭММА 102-02 (завод SELMI) в Днепропетровском отделении УкрГГРИ (оператор С.И. Овечко). Идентификация спикул проведена согласно паратаксономической классификации М.М. Иваника [3]. В статье использована терминология, принятая в отечественных и зарубежных источниках [3; 7; 8; 16; 27; 31]. Родовые названия губок определены на основании данных спикульного анализа в соответствии с естественной классификацией типа Porifera [30] и публикациями по ископаемым и современным губкам [2; 7; 8; 12; 24; 25; 27]. Все изученные образцы хранятся в коллекции НИИ геологии Днепропетровского национального университета имени Олеся Гончара.

Изложение основного материала

Стратификация разреза. В разрезе скважины 1, под песками кварцевыми светло-серыми, без фаунистических остатков, предположительно миоценового (новопетровского) возраста, с глубины 56,6 м залегают палеогеновые отложения, по литологическим признакам подразделяющиеся на две толщи общей мощностью 26,9 м.

Интервал 56,6 – 72,0 м. Пески глауконит-кварцевые, зеленого цвета, мелкозернистые, слюдястые, рыхлые.

Интервал 72,0 – 83,5 м. Песчаники глауконит-кварцевые, зеленого цвета, мелкозернистые, слабослюдястые, глинистые, с горизонтальной микрослоистостью, ходами илоедов.

Контакт с нижележащими породами не выяснен – скважина остановлена на глубине 83,5 м.

Породы нижней толщи охарактеризованы многочисленными спикулами губок, шаровидными и дисковидными радиоляриями плохой сохранности. В низах разреза встречены единичные раковинки агглютинирующих фораминифер *Spiroplectammia* cf. *vicina* Eremeeva morph. β. Подобные фораминиферы, по данным Ю.П. Никитиной [15], могут присутствовать в кумских и белоглинских отложениях (средний – верхний эоцен) Скифской плиты.

Спикулы губок, встреченные в этом интервале, оказались наиболее информативными для определения возраста вмещающих пород. Общий список спонгиофоссилий, определенных на глубине 72,0 – 83,5 м, содержит 45 таксонов спикул: *Oxea gradato-acutata ampla* Ivanik, *O. gradato-acutata intermedia* Ivanik, *Subtylostyl modestus* Ivanik, *Acanthoxea grossoaculeata* Ivanik, *A. normalis* Ivanik, *Strongyl crassus* Ivanik, *Ophioxea* sp., *Caltrop regularis* Ivanik, *Olimtriaena venusta* Ivanik, *Protriaena venusta* Ivanik, *Plagiotriaena nulla* Ivanik, *Orthotriaena intermedia* Ivanik, *O. magna* Ivanik, *Anatriaena abbreviata* Ivanik, *Orthanatriaena ordinaria* Ivanik, *Prodichotriaena parvula* Ivanik, *P. media* Ivanik, *Plagiodichotriaena transitiva* Ivanik, *P. minuscula* Ivanik, *Plagiotrichotriaena incomposita* Ivanik, *Orthodichotriaena intermedia* Ivanik, *Orthodichotriaena decurvata* Ivanik, *O. minuta* Ivanik, *O. transitiva* Ivanik, *Orthomesodichotriaena elegans* Ivanik, *Phyllotrifurcata furcata* Ivanik, *Phyllotrilobata foliacea* Ivanik, *Phyllotriaena diligens* Ivanik, *Ph. partita* T.A.Ivanova, *Discotriaena rudimentaria* Ivanik, *Tetracrepides semiornatus* T.A.Ivanova, *T. sp.*, *Tricrepides pliatus* Ivanik, *Monocrepides* sp., *Discoides radiosus* Ivanik, *Orthodiaena recta* Ivanik, *Monena* sp., *Hexactina tuberculata* Ivanik, *Pinulihexactina paniculiformis* Ivanik, *Pentactina ordinaria* Ivanik, *P. tuberculata* Ivanik, *Sterraster orbiculares* Ivanik, *Oxyaster comunis* Ivanik, *O. sexradiatus* Ivanik, *Sphaeraster robustus* Ivanik, а также обломки скелетных решеток шестилучевых губок.

Этот комплекс таксономически и по общему облику (наличие разнообразных одноосных спикул, мелких триен, многочисленных микросклер) напоминает ассоциацию спонгиофоссилий из относительно глубоководных отложений обуховской свиты Северной Украины [3]. Среди перечисленных морфовидов присутствуют спикулы, отмеченные М.М. Иваником только для верхнего эоцена: *Orthanatriaena ordinaria* Ivanik, *Orthodichotriaena decurvata* Ivanik, *Pinulihexactina paniculiformis* Ivanik, а также описанные нами из обуховских отложений Верховцевской депрессии *Phyllotriaena partita* T.A.Ivanova, *Tetracrepides semiornatus* T.A.Ivanova [4].

Таким образом, сходство рассматриваемого комплекса с обуховским позволило предположить принадлежность вмещающих пород к верхнему эоцену (обуховскому региоярису).

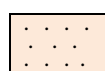
Спонгиоспикулы в описанном разрезе распределены неравномерно (таблица). По всей толще обуховских отложений наблюдаются остатки губок: макро- и микросклеры Demospongia, фрагменты диктиональных скелетных решеток Hexactinellida. Спикулы массовы и таксономически разнообразны до глубины 74,8 м, где в комплексах присутствуют 20 – 35 и более морфовидов. Выше происходит обеднение комплексов – в интервале 74,8 – 72,0 м спикулы немногочисленны, представлены 5 – 8 морфовидами. Подобная картина отражает закономерное изменение экологических условий (возможно, снижение солености) обуховского бассейна к концу его существования.

Таблица

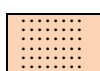
Вертикальное распределение спонгиофоссилий в палеогеновых отложениях с. Ивановка (Магдалиновский р-н)

Отдел	Подотдел	Региоярус	Литологическая колонка	Глубина, м	Комплексы спонгиофоссилий
Олигоценый	Нижний	Межигорский		56,6 – 68,0	Фауна не обнаружена
				68,0 – 72,0	Редкие обломки спикул с выщелоченным каналом: <i>Caltrop regularis</i> , <i>Plagiodichotriaena transitiva</i> , <i>Orthodichotriaena intermedia</i> (in situ?)
Эоценовый	Верхний	Обуховский		72,0 – 74,8	Бедный комплекс спикул: <i>Oxea gradato-acutata ampla</i> , <i>Caltrop regularis</i> , <i>Plagiotriaena nulla</i> , <i>Orthotriaena minuta</i> , <i>Plagiodichotriaena transitiva</i> , <i>Plagiotrichotriaena incomposita</i> , <i>Phyllotrifurcata furcata</i> , <i>Hexactina</i> sp.
				74,8 – 83,5	Богатый комплекс спикул: <i>Oxea gradato-acutata ampla</i> , <i>O. gradato-acutata intermedia</i> , <i>Subtylostyl modestus</i> , <i>Acanthoxea grossoaculeata</i> , <i>A. normalis</i> , <i>Caltrop regularis</i> , <i>Protriaena venusta</i> , <i>Plagiotriaena nulla</i> , <i>Orthotriaena intermedia</i> , <i>Anatriaena abbreviata</i> , <i>Orthanatriaena ordinaria</i> , <i>Prodichotriaena parvula</i> , <i>P. media</i> , <i>Plagiodichotriaena transitiva</i> , <i>P. minuscula</i> , <i>Orthodichotriaena intermedia</i> , <i>O. decurvata</i> , <i>O. transitiva</i> , <i>Orthomesodichotriaena elegans</i> , <i>Phyllotrifurcata furcata</i> , <i>Phyllotriaena diligens</i> , <i>Ph. partita</i> , <i>Discotriaena rudimentaria</i> , <i>Tetracrepides semiornatus</i> , <i>Tricrepides pliatius</i> , <i>Monocrepides</i> sp., <i>Discoides radiusus</i> , <i>Orthodiaena recta</i> , <i>Monena</i> sp., <i>Hexactina tuberculata</i> , <i>Pentactina ordinaria</i> , <i>P. tuberculata</i> , <i>Oxyaster comunis</i> , <i>O. sexradiatus</i> , <i>Sphaeraster robustus</i> , etc., <i>Skeleton confurminatum</i> (fragmenta) шестилучевых губок

Условные обозначения:



– песок;



– песчаник;



– глауконит

Вышележащие пески интервала 56,6 – 72,0 м по стратиграфическому положению и литологии условно отнесены к межигорскому региоярису нижнего олигоцена. Эти отложения сформировались в иных, нежели обуховские,

гидрологических и палеоэкологических условиях, о чем свидетельствует исчезновение фауны в этой толще. Присутствующие здесь редкие корродированные обломки спикул с выщелоченным каналом, вероятно, вымыты из подстилающих обуховских отложений.

Структура палеоценозов позднеэоценовых губок района исследований.

На основании данных спикульного анализа, а также сведений о строении скелета современных и ископаемых губок [2; 11 – 14; 17 – 24; 30; 32; 33] можно сделать некоторые предположения о биоразнообразии их позднеэоценовых представителей, обитавших на данной территории.

Фон изученного комплекса спонгиозифоссилий составляют спикулы «мягких» губок: многочисленные мелкие про-, плагио-, ортотриены, дихотриены, анатриены, кальтропы, гладкие и шиповатые оксы, субтилостили, стронгили, офиоксы. Реже наблюдаются диены, монены, кальтропы с редуцированным лучом (олимптриены), пинакиды. Многочисленны микросклеры: стеррастры, сферастры, оксисферастры, оксиастры. Обычным компонентом являются свободные спикулы шестилучевых губок: пентактины, гексактины, пинулярные гексактины, фрагменты диктиональных решеток без лихнисков. Мегасклеры литистидных губок встречаются в сравнительно небольшом количестве: филлотриены, тетракрепидные десмы, тридеры, мегаклоны, дикраноклоны. Некоторые формы, характерные для изученных ориктоценозов, приведены ниже (рис. 2).

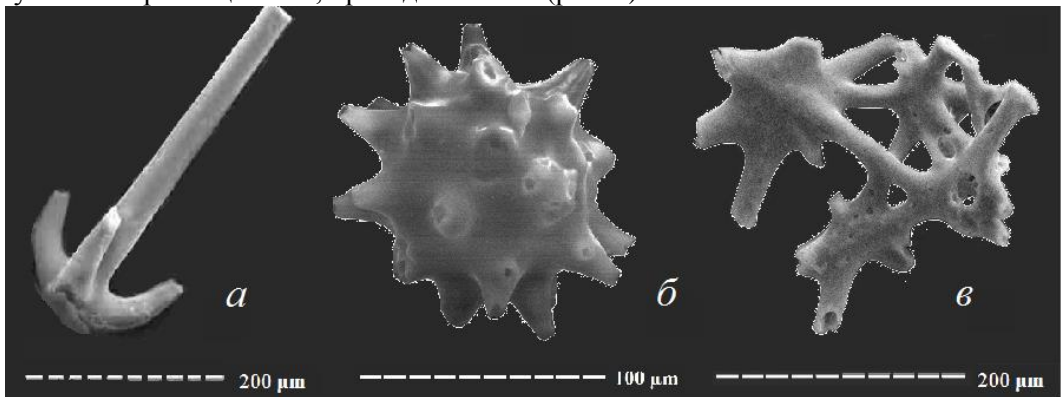


Рис. 2. Характерные спонгиозифоссилии обуховских отложений с. Ивановка (Магдалиновский район):

a – анатриена; *б* – сферастр; *в* – фрагмент диктиональной скелетной решетки шестилучевых губок отряда Hexactinosida

Разнообразные триены и диактины входят в состав скелетов ряда семейств четырехлучевых губок. Монактины и диактины формируют скелет многих представителей отряда Poesilosclerida.

Широко распространены в исследуемом районе губки из семейства Geodiidae (возможно, виды родов *Geodia*, *Sidonops*), на что указывают массовые стеррастры; для этого семейства также характерны оксисферастры, оксиастры, оксы, триены с удлинненным манубриумом, диены, монены, анатриены. Пинакиды, найденные в обуховских отложениях, принадлежат гипотетическому виду *Dactylocalycites callodiscus* из семейства ?Geodiidae [12].

О наличии губок семейства Pachastrellidae (родов *Characella*, *Ancorella*) свидетельствуют анатриены, кальтропы, олимтриены; анатриены и ортодихотриены с волнисто изогнутым манубриумом свойственны роду *Thenea*.

Анатриены, кроме того, входят в конструкцию скелетов рода *Dercitus* семейства Ancorinidae; кальтропы характерны для семейства Calthropellidae.

Часто встречающиеся оксиастры подчеркивают возможное нахождение на данной территории губок семейства Tethyidae.

Семейства Crellidae, Agelasidae также, по-видимому, были представлены в палеоценозе – первому свойственны крупношиповатые оксы (подобные *Acanthoxea grossoaculeata* Ivanik), второму – мелкошиповатые (*Acanthoxea normalis* Ivanik), с мутовчатым расположением шипиков.

Сравнительно немногочисленные спикулы литистид, присутствующие в ориктоценозах, свидетельствуют о существовании в районе исследований нескольких родов и семейств этих губок, но, вероятно, на некотором отдалении от с. Ивановка, в более мелководных участках обуховского бассейна, откуда течением занесло небольшое количество макросклер. Разнообразные филлотриены и дискотриены, обнаруженные среди них, участвовали в построении дермального слоя губок семейств Theonellidae (родов *Discodermia*, *Theonella*, *Rhagadinia*, *Racodiscula*), Phymaraphiniidae, Chenendoridae.

Бугорчатые тетракрепидные десмы, встречающиеся в выборке, характерны для губок семейств Theonellidae (родов *Discodermia*, *Theonella*), Chenendoridae (род *Chenendorpora*).

Тридеры, подобные *Tetracrepides semiornatus* Т.А. Ivanova, указаны в качестве скелетных элементов современных Phymaraphiniidae [26, fig. 3, G–H].

Мегаклоны (*Tricrepides pliatius* Ivanik), обнаруженные в комплексе, сходны с десмами губок семейства Pleromidae [8, fig. 22, D, G].

Дикраноклоны участвуют в построении скелета губок семейства Corallistidae.

В изученных отложениях наблюдаются редкие фрагменты диктиональных скелетов шестилучевых губок без лихнисков в спаянном скелете, принадлежащие губкам отряда Hexactinosida. Свободные шестилучевые спикулы свидетельствуют о существовании на данной территории представителей отряда Lyssacosida.

Анализ фактического материала позволил предположить, что в обуховском бассейне территории исследований обитали губки классов Demospongiae и Hexactinellida. Первые были представлены отрядами Agelasida (семейством Agelasidae), Astrophorida (семействами Geodiidae, Pachastrellidae, Ancorinidae, Calthropellidae, Tethyidae, Crellidae), Astrophorida incerta sedis (родом *Dactylocalycites*), Poecilosclerida, подклассом Lithistida (семействами Corallistidae, Theonellidae, Phymaraphiniidae, Chenendoridae, Pleromidae). Шестилучевые губки относились к отрядам Hexactinosida и Lyssacosida. В палеоценозах доминировали «мягкие» четырехлучевые Demospongiae, принадлежавшие преимущественно к родам семейств Geodiidae, Pachastrellidae, Ancorinidae, Calthropellidae, Tethyidae, Crellidae, а также губки отряда Poecilosclerida.

Сравнительный анализ комплексов обуховской спонгиофауны. Ассоциации спикул, найденные в верхнеэоценовых отложениях с. Ивановка, представляют собой относительно глубоководный комплекс, подобный указанному М.М. Иваником [3] для одновозрастных образований склонов ДДВ и Воронежской антеклизы.

В то же время для районов сел Цибулево и Чернолеска (северо-восточный склон УЩ) им приведен мелководный комплекс крупных триен, стилотриен и мезотриен, приуроченных к грубым пескам и песчаникам. Очень похожие ориктоценозы изучены нами в глауконитовых песках обуховской свиты Верховцевской депрессии УЩ [5] и в районе с. Спасское Новомосковского района Днепропетровской области (неопубликованные данные). Их отличие от исследованного М.М. Иваником заключается в присутствии значительного количества остатков литистидных и шестилучевых губок. Причем максимальная численность десм и фрагментов диктиональных и литистидных решеток наблюдается в окрестностях с. Спасское, то есть в районе сочленения УЩ и ДДВ. Такое распространение спонгиофоссилий по линии Верховцево – Спасское – Ивановка отражает батиметрические особенности обуховского бассейна на исследуемой площади (рис. 3).

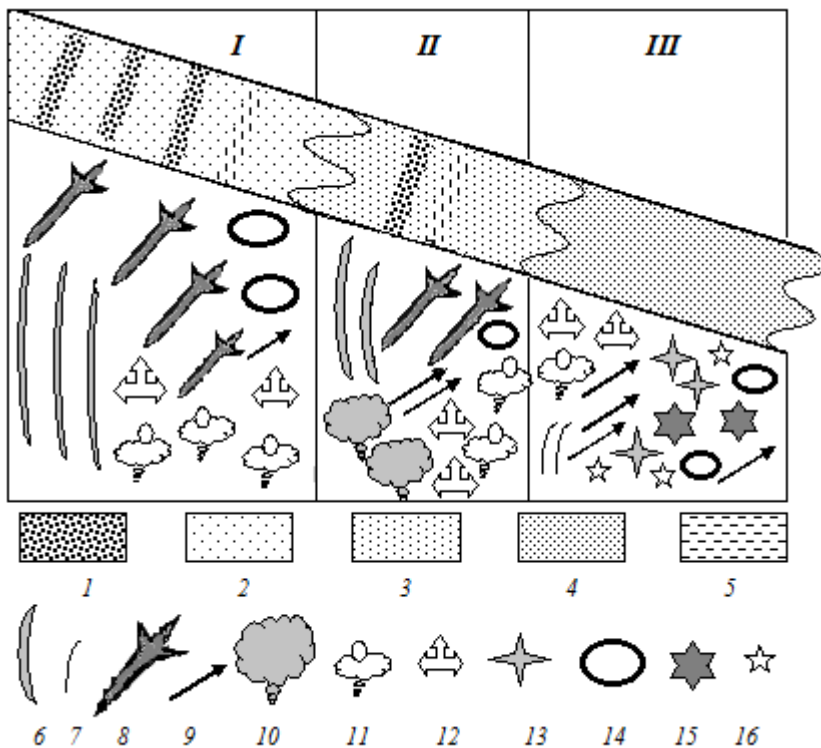


Рис. 3. Схема батиметрического распределения спонгиофоссилий в обуховском бассейне района исследований (по профилю Верховцево – Спасское – Ивановка):

I – Верховцевская депрессия УЩ; *II* – склон УЩ; *III* – склон ДДВ; *1* – 3 – глауконитовые пески: *1* – грубозернистые; *2* – крупнозернистые; *3* – мелкозернистые; *4* – песчаники глауконит-кварцевые мелкозернистые глинистые; *5* – глины; *6* – 7 – одноосные спикулы: *6* – крупные; *7* – мелкие; *8* – 9 – четырехлучевые спикулы: *8* – крупные; *9* – мелкие; *10* – 11 – остатки литистидных губок: *10* – фрагменты скелетных решеток; *11* – десмы; *12* – 13 – остатки шестилучевых губок: *12* – фрагменты скелетных решеток; *13* – свободные шестилучевые спикулы; *14* – 16 – микросклеры: *14* – стеррастры; *15* – сферастры, оксиферастры, антастры; *16* – оксиастры

Выводы. Впервые наличие верхнеэоценовых (обуховских) отложений на территории съемочного листа «Кобеляки» подтверждено находками спонгиофоссилий.

Распределение спикул в обуховской свите данной площади и смежных районов связано с особенностями батиметрического распространения губок в позднеэоценовом бассейне.

В обуховское время на территории исследований существовали преимущественно «мягкие» губки с несвязанным скелетом, относившиеся в основном к отрядам Poecilosclerida, Astrophorida (семействам Geodiidae, Pachastrellidae, Ancorinidae, Calthropellidae, Tethyidae, Crellidae), а также шестилучевые губки отрядов Hexactinosida и Lyssacinosida. Небольшое количество спикул каменных губок и отсутствие фрагментов литистидных скелетных решеток, возможно, является свидетельством переноса десм из соседних, более мелководных, участков обуховского бассейна, расположенных на прилегающем склоне УЩ.

Библиографические ссылки

1. **Berezovskij, A.A.** Novye dannye o stroenii verhnejeocenovoj tolshhi Rybalskogo kar'era, g. Dnepropetrovsk [Text]: A.A. Berezovskij, V.V. Dem'janov // Stalij rozvitok promislovosti ta suspilstva. Sek. 5. Geologija, prikladna mineralogija ta ekologija. Materiali Mizhn. Nauk.-tehn. konf. – Krivij Rig, 2014. – P. 38–41 (in Russian).
2. **Hurcewicz, H.** Siliceous sponges from the Upper Cretaceous of Poland [Text]: H. Hurcewicz / Acta Palaeontologica Polonica, 1966. – Vol. XI, № 1. – P. 15–129.
3. **Ivanik, M.M.** Paleogenovaja spongiofauna Vostochno-Evropejskoj platformy i sopredelnyh regionov [Text]: M.M. Ivanik. – K.: IGN NAN Ukrainy, 2003. – 202 p. (in Russian).
4. **Ivanova, T.A.** Spikuly litistidnyh gubok iz verhnego eocena Verhovcevskoj depressii (Srednee Pridneprov'e) [Text]: T.A. Ivanova // Visn. Dnipropetr.un-tu. Ser. «Geologija. Geografija». – 2014. – Vyp. 16. – P. 68–81 (in Russian).
5. **Ivanova, T.A.** Novye dannye po biostratigrafii verhnejeocenovyh otlozhenij Verhovcevskoj depressii (Srednee Pridneprov'e) [Text]: T.A. Ivanova, V.L. Stefanskij // Biostratigrafichni osnovi pobudovi stratigrafichnih shem fanerozoju Ukraïni. – K., 2008. – P. 173–179 (in Russian).
6. **Jarzeva, M.V.** Nummulity paleogenovyh otlozhenij severo-vostochnogo sklona Ukraïnskogo kristallicheskogo massiva [Text]: M.V. Jarzeva // Paleogenovye otlozhenija juga Evropejskoj chasti SSSR. – M., 1960. – P. 143–162 (in Russian).
7. **Kelly, M.** Description of a new lithistid sponge from northeastern New Zealand, and consideration of the phylogenetic affinities of families Corallistidae and Neopeltidae [Text]: M. Kelly // Zoosystema. – 2000. – № 22 (2). – P. 265–283.
8. **Kelly, M.** The marine fauna of New Zealand: Porifera: lithistid Demospongiae (rock sponges) [Text]: M. Kelly. – Wellington: NIWA, 2007. – 100 p.
9. **Konenkova, I.D.** K voprosu o raschlenenii paleogenovyh otlozhenij Dneprovsko-Donckoj vpadiny [Text]: I.D. Konenkova, E.M. Bogdanovich // Geologija i rudonosnost' juga Ukrainy. – D.: DNU, 1986. – P. 86–91 (in Russian).
10. **Konenkova, I.D.** Novye dannye o rasprostranenii verhnejeocenovyh otlozhenij v Srednem Pridneprov'e [Text]: I.D. Konenkova, E.M. Bogdanovich,

V.V. Korallova, V.V. Manjuk // Dop. NAN Ukrainy. – 1996. – № 6. – S. 100–104 (in Russian).

11. **Lendenfeld, R. Von.** The Sponges. The Geodidae [Text]: R. Von Lendenfeld // Reports on the Scientific Results of the Expedition to the Eastern Tropical Pacific, in charge of Alexander Agassiz, by the U.S. Fish Commission Steamer «Albatross», from October, 1904, to March, 1905, Lieut. Commander L.M. Garrett, U.S.N., Commanding, and of other Expeditions of the Albatross, 1888–1904. – Memoirs of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College. – 1910. – № 41 (1). – P. 1–259.

12. **Łukowiak, M.** Late Eocene siliceous sponge fauna of southern Australia: reconstruction based on loose spicules record [Text]: M. Łukowiak. – Auckland: Magnolia Press, 2015. – 65 p.

13. **Łukowiak, M.** Do spicules in sediments reflect the living sponge community? A test in a Caribbean shallow-water lagoon [Text]: M. Łukowiak, A. Pisera, A. O’Dea // PALAIOS. – 2013. – V. 28. – P. 373–385.

14. **Maldonado, M.** Family Pachastrellidae Carter, 1875 [Text]: M. Maldonado // Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges; ed.: John N.A. Hooper, Rob W.M. Van Soest. – N. Y., 2002. – Vol. 1. – P. 141–162.

15. **Nikitina, Ju.P.** Taksonomicheskoe znachenie nekotorykh morfologicheskikh priznakov spiroplektammin morfologicheskoy gruppirovki Spiroplectamina carinata [Text]: Ju.P. Nikitina // Vopr. Mikropaleontologii. – 1966. – Vyp. 10. – P. 359–374 (in Russian).

16. Osnovy paleontologiyi Gubki, arheociaty, kishechnopolostnye, chervi [Text]: pod red. B. S. Sokolova. – M.: AN SSSR, 1962. – 486 p. (in Russian).

17. **Pisera, A.** New species of lithistid sponges from the Paleogene of the Ukraine [Text]: A. Pisera // Zoosystema. – 2000. – № 22 (2). – P. 285–298.

18. **Pisera, A.** Fossil «Lithistids»: An Overview [Text]: A. Pisera // Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges; ed.: John N.A. Hooper, Rob W.M. Van Soest. – N. Y., 2002. – Vol. 1. – P. 388–402.

19. **Pisera, A.** «Lithistid» Demospongiae [Text]: A. Pisera, C. Lévi // Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges; ed.: John N.A. Hooper, Rob W.M. Van Soest. – N. Y., 2002. – Vol. 1. – P. 299–301.

20. **Pisera, A.** Family Corallistidae Sollas, 1888 [Text]: A. Pisera, C. Lévi // Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges; ed.: John N.A. Hooper, Rob W.M. Van Soest. – N. Y., 2002. – Vol. 1. – P. 312–320.

21. **Pisera, A.** Family Pleromidae Sollas, 1888 [Text]: A. Pisera, C. Lévi // Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges; ed.: John N.A. Hooper, Rob W.M. Van Soest. – N. Y., 2002. – Vol. 1. – P. 321–326.

22. **Pisera, A.** Family Theonellidae Lendenfeld, 1888 [Text]: A. Pisera, C. Lévi // Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges; ed.: John N.A. Hooper, Rob W.M. Van Soest. – N. Y., 2002. – Vol. 1. – P. 327–337.

23. **Pisera, A.** Family Phymaraphiniidae Schrammen, 1888 [Text]: A. Pisera, C. Lévi // Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges; ed.: John N.A. Hooper, Rob W.M. Van Soest. – N.Y., 2002. – Vol. 1. – P. 380–383.

24. **Pisera, A.** New data on lithistid sponges from the deep Florida shelf with description of a new species of Theonella [Text]: A. Pisera, Sh.A. Pomponi // J. of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 2015. – P. 1–13.

25. **Pisera, A.** Lithistid sponges from submarine caves in the Mediterranean: taxonomy and affinities [Text]: A. Pisera, J. Vacelet // *Scientia Marina*. – 2011. – № 75(1). – P. 17–40.
26. **Schuster, A.** Deceptive Desmas: Molecular Phylogenetics Suggests a New Classification and Uncovers Convergent Evolution of Lithistid Demosponges [Electronic resource]. – Access mode: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0116038> – Title from the screen. A. Schuster [et al.] // *PLoS ONE*: 2015. – № 10(1): e116038.
27. **Sollas, W.J.** Report on the Tetractinellida collected by H.M.S. Challenger during the years 1873–1876 [Text]: W.J. Sollas // *Zoology*. – 1888. – Vol. 25. – P. 1–458.
28. Stratigraficheskaia shema paleogenovykh otlozhenij Ukrainy (unificirovannaja) [Text]: pod red. D.E. Makarenko. – K.: Nauk. dumka, 1987. – 116 p. (in Russian).
29. Stratigraficheskie shemy fanerozojskikh obrazovanij Ukrainy dlja geologicheskikh kart novogo pokolenija: grafich. prilozhenija [Text]. – K.: IGN NAN Ukrainy, 1993 (in Russian).
30. *Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges* [Text] / ed.: John N.A. Hooper, Rob W.M. Van Soest. – N. Y., 2002. – 1708 pp.
31. *Thesaurus of Sponge Morphology* [Text] / ed.: N. Boury-Esnault, K. Rützler. – Washington: Smithsonian Institution Press, 1997. – 55 p.
32. **Uriz, M.J.** Family Geodiidae Gray, 1867 [Text] / M.J. Uriz // *Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges*; ed.: John N.A. Hooper, Rob W.M. Van Soest. – N.Y., 2002. – Vol. 1. – P. 134–140.
33. World Porifera database. [Electronic resource] / R.W.M. Van Soest [et al.] – Access mode: <http://www.marinespecies.org/porifera/index.php> – Title from the screen.

Надійшла до редакції 06.03.2015

Вісник Дніпропетровського університету. Серія: Геологія, географія
Visnik Dnipropetrovs'kogo universitetu. Seriâ: Geologiâ, geographiâ
Dnipropetrovsk University bulletin. Series: Geology, geography

Visn. Dnipropetr. Univ. Ser.: Geol. Geogr. 2015. 23(1), 125–136.
doi: 10.15421/111516

ISSN 2313-2159 print
ISSN 2409-9864 online

<http://geology-dnu.dp.ua>

УДК 551.781.43. 022 (477.63)

**Палеогеографические и литолого-фациальные особенности
формирования мандрыковских слоев верхнего эоцена
Украины (г. Днепропетровск)**

В.Л. Стефанский

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

Впервые обоснованы четкие литолого-фациальные признаки уникальных мандрыковских слоев верхнего эоцена Украины. Приведены сведения об их распространении, общем геологическом положении, литологии, составе и закономерностях распределения фауны. Изложены результаты палеогеографических реконструкций. Показана важность учета фациальных и палеогеографических особенностей при корреляции мандрыковских слоев с отложениями Украины и Евразии.

Ключевые слова: палеогеография, стратиграфия, литология, верхний эоцен, Среднее Приднепровье.

**The paleogeographic, lithological and facial peculiarities
of Mandrykovska Strata formation in Dnipropetrovsk
(Upper Eocene, Ukraine)**

V.L. Stefanskyi

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University

For the first time a clear lithological and facial signs of Mandrykovka unique Beds in the Upper Eocene in Ukraine are grounded. Information about their distribution, general geological position, lithology, fauna distribution is given. Results of paleogeographic reconstructions are presented. The importance of a facial and paleogeographic features at the correlation Mandrykovka Beds with synchronous deposits of Ukraine and Eurasia is proved.

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, просп. Гагаріна, 72,
Дніпропетровськ, 49010, Україна.
Oles Gonchar Dnipropetrovsk National University, Gagarin av., 72, Dnipropetrovsk, 49010, Ukraine.
Tel.: +38-067-947-45-04. E-mail: stephansky2007@yandex.ru

Введение. Мандрыковские слои являются одним из наиболее известных палеонтологических объектов палеогена Украины. В их составе присутствует уникальный в систематическом и количественном отношении комплекс верхнеэоценовых ископаемых организмов кораллового биоценоза и литорали. По богатству и сохранности фоссилий он сопоставим с фауной стратотипических разрезов палеогена Западной Европы. Возраст мандрыковских слоев большинством исследователей определяется как позднеэоценовый. По нанопланктону они отнесены к биоzone NP 19 *Isthmolithus recurvus* – основанию зоны NP 20 по шкале Э. Мартини [4; 21].

Несмотря на то что результаты палеонтологического изучения мандрыковских моллюсков использованы еще при построении первых стратиграфических схем палеогена Украины, геологическая и палеонтологическая изученность мандрыковских слоев сегодня недостаточна. Использование их разрезов для корреляции затруднено из-за неоднозначного понимания их объема и фациальной принадлежности [1–3; 9; 10; 16; 18 и др.], что объясняется практически полным отсутствием данных по литологии. Как следствие, при геологическом картировании палеогеновых отложений Среднего Приднепровья к мандрыковским слоям были ошибочно отнесены не только различные верхнеэоценовые, но даже среднеэоценовые фации депрессий Украинского щита (УЩ) [3; 7; 16–18 и др.].

Материалы и методы. Полевые исследования в Рыбальском карьере проводились автором с 1980 г. При изучении вещественного состава пород и фоссилий использованы оптические микроскопы МБС-2 и МИН-8, а также растровый электронный микроскоп РЭММА-102-02 (оператор С.И. Овечко, Днепропетровское отделение УкрГГРИ). Рентгеноструктурный анализ произведен на дифрактометре ДРОН-210 (оператор Л.Ф. Однороженко, Днепропетровское отделение УкрГГРИ). Исследования химического состава пород выполнены в лаборатории НИИ геологии Днепропетровского национального университета имени Олеся Гончара С.К. Малинкиной, гранулометрического состава – В.Л. Стефанским, С.К. Малинкиной. Микрофауна определена Т.А. Стефанской, малакофауна и квидарии – В.Л. Стефанским.

Изложение основного материала

Общегеологические сведения. Мандрыковские слои локально распространены в южной части Днепропетровска, входят в состав осадочного чехла УЩ и сохранились в виде линз в понижениях кристаллического фундамента в районе русла Днепра (рис.1). Практически повсеместно задернованы. В обнажениях они вскрыты исключительно в Рыбальском гранитном карьере Днепропетровска на левобережье Днепра, где доступны для непосредственного наблюдения.

Геологическая ситуация в Рыбальском карьере достаточно сложная [13–15]. Мандрыковские слои установлены здесь в юго-восточной и южной частях карьера (рис. 1, в) в пределах гипсометрических отметок + 41 м – + 52 м при мощности в разрезах от 0 до 6,0 м. Их литологический состав существенно варьирует по площади от известковых мелкозернистых детритовых песков до ракушняков и онколитовых биогермов. Собственно мелкозернистые детритовые пески без существенной примеси грубых обломков встречаются в разрезах относительно редко, и установлены автором в периферических местах выклинивания и

фациального замещения мандрыковских слоев. В целом же породу можно рассматривать как фацию коралловых песков.

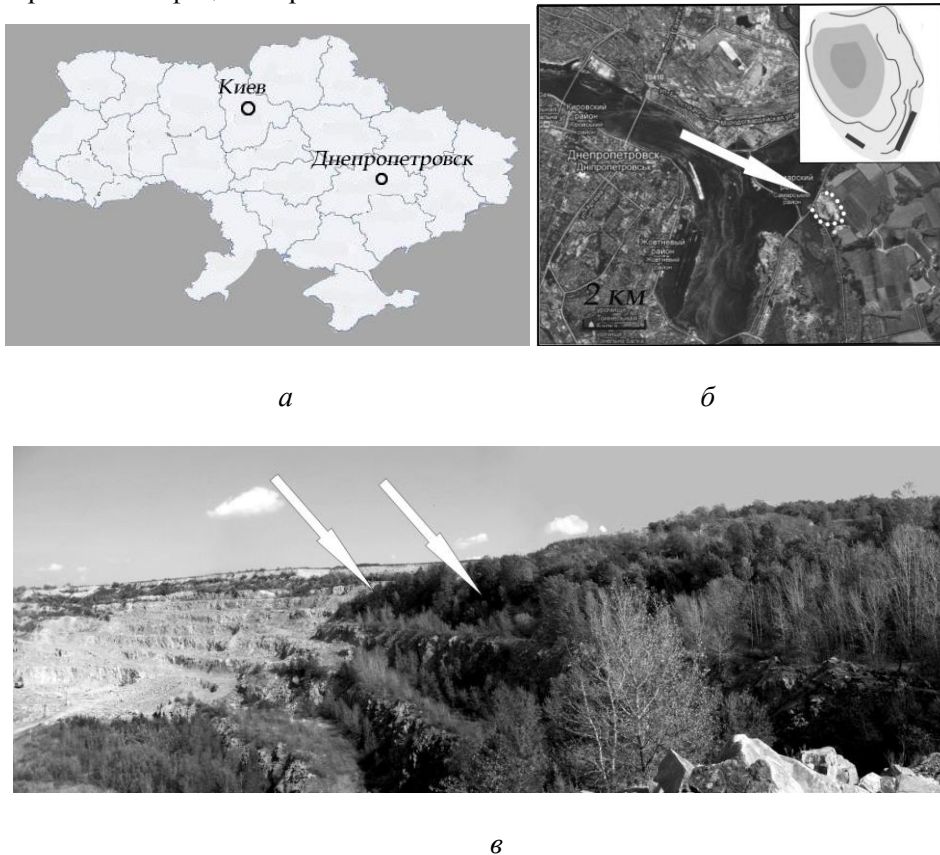


Рис. 1. Местоположение разрезов мандрыковских слоев:

а – обзорная карта Украины; *б* – местонахождение Рыбальского карьера; *в* – местонахождения мандрыковских слоев в юго-восточной части Рыбальского карьера

Как правило, мандрыковские слои залегают на коре выветривания мигматитов докембрийского фундамента УЩ. Палеосома мигматитов представлена амфиболитами, а неосома имеет гранитоидный состав. Вследствие этого кора выветривания кристаллических пород на границе с мандрыковскими слоями, соответственно, может быть ожелезненной, но в основном она каолиновая. Обычно коры выветривания маломощны, почти полностью денудированы. Подошва мандрыковских слоев осложнена «карманами» в неровностях кристаллических пород. Иногда в южной части карьера регистрируются коры выветривания линейного типа, которые локально развиты в зонах тектонических нарушений и представлены голубовато-белым каолином мощностью до двух метров. Примечательно, что мигматиты имеют «шаровую» отдельность, что при выветривании способствовало образованию округлых глыб. Последние ошибочно описаны А.А. Петренко [11] как ледниковые валуны конечной морены днепроовского оледенения. Ранее нами были установлены единичные глыбы мигматитов с прикрепленной к ним мандрыковской эпифауной (двустворки *Dimya fragilis* Koen. и одиночные кораллы) [14] (рис. 2, *а*). Также в подошве пласта

обнаружена галька гранитоидов и песчаников (рис. 2, б). Примечательно, что находки эпифауны, прикрепленной к гранитоидам, отмечены и в основании мандрыковских слоев правобережья и русла Днепра [6; 9; 19].

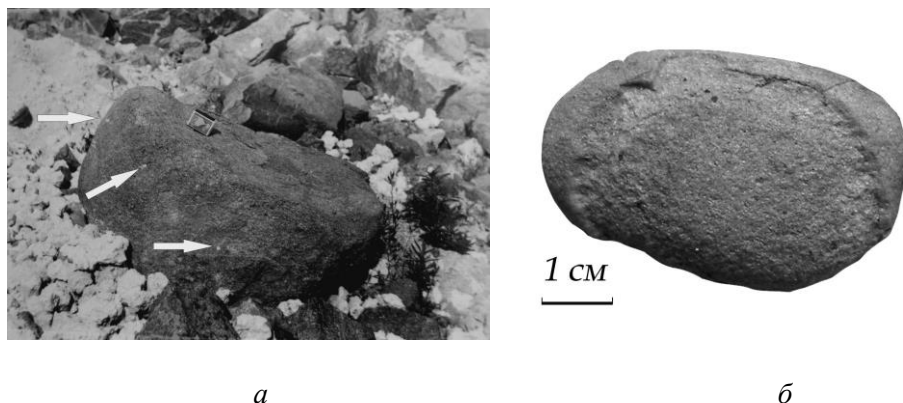


Рис. 2. Геологические объекты из подошвы мандрыковских слоев юго-восточной части Рыбальского карьера:

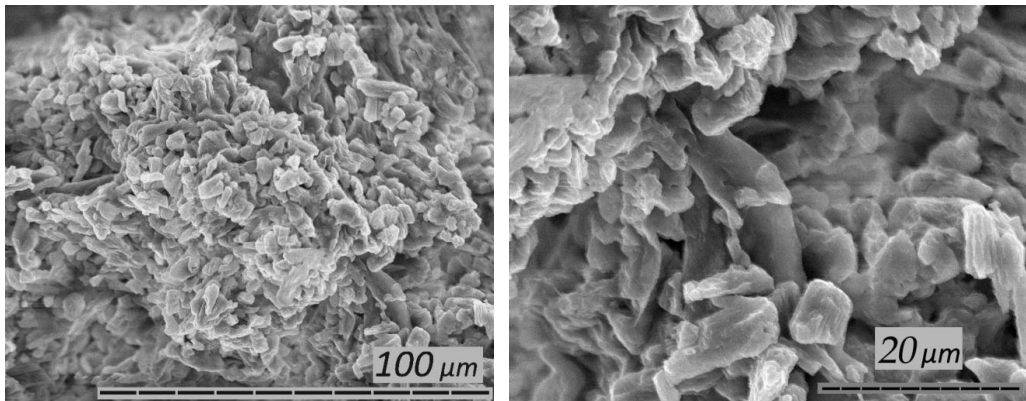
а – глыба мигматитов с прикрепленной мандрыковской фауной (указана стрелками); *б* – галька песчаника

В юго-восточной части карьера мандрыковские слои с резким стратиграфическим несогласием перекрываются желтовато-серыми, предположительно аллювиальными, песками четвертичного возраста. В южной части наблюдается их замещение углистыми фациями верхнего эоцена с мелким детритом беспозвоночных и остатками спонгиофауны. Здесь же автор не исключает присутствие росс-вюрмских образований [14; 17] с переотложенной мандрыковской фауной. В связи с проведением горных работ в Рыбальском карьере присутствуют многочисленные отвалы, включающие мандрыковские фоссилии, что затрудняет геологические изыскания [13].

Литологическая характеристика. В целом мандрыковские слои Рыбальского карьера представлены желтовато- и светло-серыми, иногда светло-коричневыми детритовыми слабоглинистыми известковыми мелкозернистыми песками с многочисленной фауной литорали и кораллового биоценоза позднеэоценового палеобассейна. В пласте мандрыковская порода влажная, имеет розоватый оттенок, раковинный материал легко крошится инструментом. При высыхании цвет породы меняется на более светлые тона, а скелеты фауны становятся крепкими и также светлеют. При этом поверхность раковины иногда несет бурые и желтоватые пятна ожелезнения.

В основании разреза в зоне выклинивания пласта установлены гравелитистые мелкозернистые известковые детритовые пески и мелкозернистые детритовые пески с четко выраженной субгоризонтальной слоистостью. Последняя подчеркнута линзочками и слоями более крупного раковинного детрита, а также светло-кремового арагонитового алеврита (рис. 3, *а*, *з*). Материал светло-кремового маломощного арагонитового прослойка, залегающего непосредственно на коре выветривания, представлен перемытым окатанным раковинным детритом с размером обломков от 2–3 до 10 μm (рис. 4, *а*). Большинство обломков тонкослоистой текстуры и, очевидно, являются фрагментами перламутрового слоя

раковин беспозвоночных. По терригенному материалу характерно развитие микробных пленок и матов, а также отмечено присутствие бактериальных чехлов (рис. 4, б).



a

б

Рис. 4. Светло-кремовый алевроит из арагонитовой линзочки в основании мандрыковских слоев юго-восточной части Рыбальского карьера под электронным микроскопом:

a – микроструктура и форма обломков арагонита; *б* – микробные пленки и чехлы

Почти полностью мандрыковские известковые детритовые пески имеют биогенную природу и состоят из разрушенных и целых (в основном карбонатных) скелетов разнообразных фаунистических остатков. Распределение остатков представителей различных таксонов весьма неравномерное и происходило, вероятно, как вследствие прижизненной приуроченности организмов к определенным экологическим нишам, так и по причине разрушения и гранулометрической сортировки скелетов прибрежными водами позднеэоценового бассейна. Очевидно, что палеонтологическая составляющая мандрыковских слоев является результатом смешения остатков обитателей различных биотопов (зоны литорали, зоны развития коралловых построек, песчано-ракушнякавых и водорослевых экологических ниш).

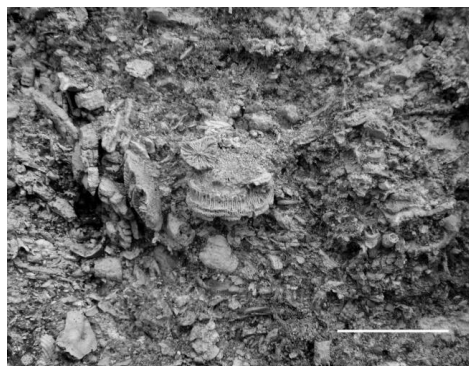
Обращает на себя внимание присутствие створок и детрита с отшлифованной и даже окатанной поверхностью, створок прекрасной сохранности одного и того же вида, а также совместное нахождение целых тонкостенных и крупных толстостенных битых раковин. Характерно обогащение одних участков либо только крупными раковинами разной степени сохранности, либо только мелкими с примесью детрита крупных или смешение тех и других. Залегание собственно раковин и их детрита часто бессистемное, хаотичное, однако в целом в пласте наблюдается общая субгоризонтальная слоистость. В частности, ее подчеркивает горизонтальное залегание удлиненных онколитовых желваков и преимущественная ориентировка обломков колоний кораллов и раковинного материала (рис. 3, б–г). Подобные особенности указывают на турбулентные движения водных масс палеобассейна, взмучивание и быстрое осаждение осадка, что характерно для прибрежных волн.



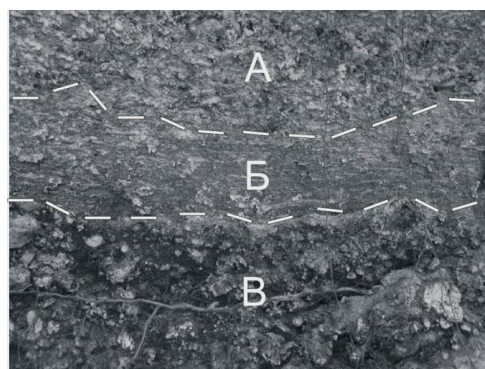
a



б



в



г



д

Рис. 3. Вариации литологического состава мандрыковских слоев Рыбальского карьера:

a – разрез в юго-восточной части карьера (А – онколитовые биогермы; Б – линза ракушняков; В – мелкозернистые детритовые пески; В – ожелезненный элювий мигматитов), стрелкой показано положение линзы арагонитового алевролита; *б, в* – участки коралловых песков в юго-восточной части карьера с субгоризонтальным и беспорядочным залеганием фауны; *г* – контакт детритовых алевролитов с элювием мигматитов (А – гравелистые детритовые пески с редкими крупными обломками фос依лий, Б – детритовые слоистые алевролиты; В – элювий мигматитов); *д* – детритовые пески без целой фауны южной части карьера

Гранулометрический анализ не противоречит принадлежности мандрыковской породы к коралловым пескам. С одной стороны, наблюдаются резкие колебания содержания в мандрыковской породе относительно крупного детритового материала (более 3,0 мм), а с другой – фиксируется преобладание мелких песчаных фракций по всему пласту (рис. 5). Фракции менее 0,1 мм занимают незначительный процент в породе. Несомненно влияние систематического состава микрофауны на гранулометрические характеристики проб. Так, во фракциях от 0,1 до 1,0 мм регистрируется большое количество раковинок фораминифер и остракод, а во фракциях 0,8–3,0 мм – ювенильных форм моллюсков.

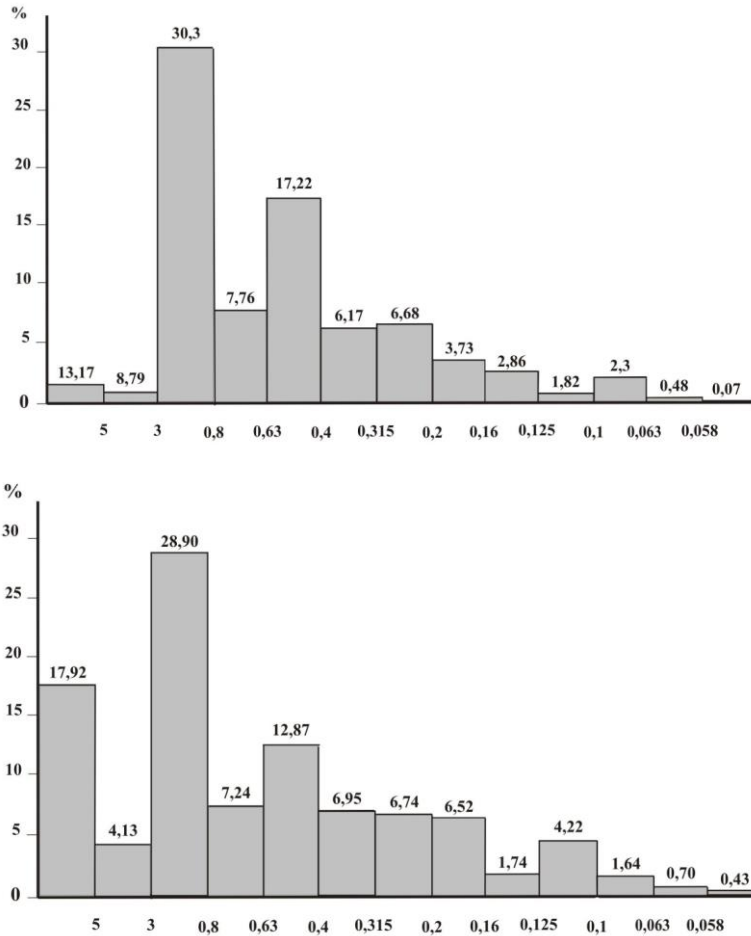


Рис. 5. Гранулометрический состав проб мандрыковской породы юго-восточной части Рыбальского карьера во фракциях менее 5 мм

В целом мандрыковская порода имеет известковый состав (рис. 6). Количество собственно терригенных частиц в пробах незначительно, а их минеральный спектр в целом сопоставим с таковым гранитоидов, залегающих под мандрыковскими слоями. Минеральный и химический состав мандрыковской

породы в некоторой степени варьирует по площади и разрезу. Так, в подошве пласта можно ожидать увеличение количества силикатов за счет гальки гранитоидов и песчаников, а в биогермах – доломита, входящего в состав онколитовых желваков. Вариации вещественного состава подтверждаются данными рентгеноструктурных и химических анализов, а также исследованиями проб фракций менее 3,0 мм под бинокляром.

В пробе собственно детритовых известковых мелкозернистых песков основной минеральной составляющей является кальцит с примесью кварца. Диагностированы также весьма небольшие содержания гидрослюды, хлорита, сидерита, кутнагорита и арагонита. Возможно присутствие доломита (анкерита?) и талька (рис. 6, а). Содержание некоторых элементов по данным неполного химического анализа следующие: Si – 6,30; Ca – 32,08; Mg – 0,30; Fe_{общ.} – 1,47; Fe⁺³ – 1,47; S_{общ.} – 0,17; S_{сульф.} – 0,17.

В пробе ракушняка основной минеральной составляющей являются кальцит и арагонит с примесью кварца. Отмечены также весьма небольшие содержания плагиоклаза, барита, гидрослюды и талька (рис. 6, б).

Основной минеральной составляющей онколитовых желваков являются кальцит с примесью доломита (анкерита?) и кварца. Сидерит, арагонит и родохрозит выявлены в значительно меньшем количестве. Диагностированы также весьма небольшие содержания кварца и гидрослюды. Возможно также присутствие талька и гиббсита (рис. 6, в). Содержание некоторых элементов по данным неполного химического анализа следующие: Si – 0,77; Ca – 36,34; Mg – 0,76; Fe_{общ.} – 0,25; Fe⁺³ – 0,25; S_{общ.} – 0,06; S_{сульф.} – 0,06.

Общая характеристика фоссилей. В мандрыковских слоях обнаружены остатки нанопланктона, мелких фораминифер, инфузорий, одиночных и колониальных кораллов, червей, моллюсков (хитонов, двустворок, гастропод и скафопод), брахиопод, мшанок, морских ежей, остракод, баянусов, рыб, палеобактериальные объекты и следы жизнедеятельности различных организмов (губок, червей, моллюсков, мшанок и др.).

Большинство авторов указывают на уникальную сохранность фауны мандрыковских слоев. Действительно, при палеонтологических сборах в карьере хорошо сохранившиеся фоссилей не редкость. Иногда встречаются раковины с нежной неповрежденной скульптурой и даже единичные сомкнутые створки бивальвий. Однако количество таких фоссилей невелико. Относительно общего объема породы, находки совершенно целых, достаточно крупных раковин, случаются не так часто. При этом их встречаемость значительно варьирует в пласте. Например, при сборе фауны в юго-восточной стенке карьера на 1 м² можно обнаружить до 5–10 неповрежденных или слегка обломанных относительно крупных раковин гастропод и двустворок. В то же время в обнаруженной нами линзе детритовых песков, залегающих под угольной толщей в южной части карьера, целые мезофоссилей практически отсутствуют, а содержание детрита относительно невелико (рис. 3, д).

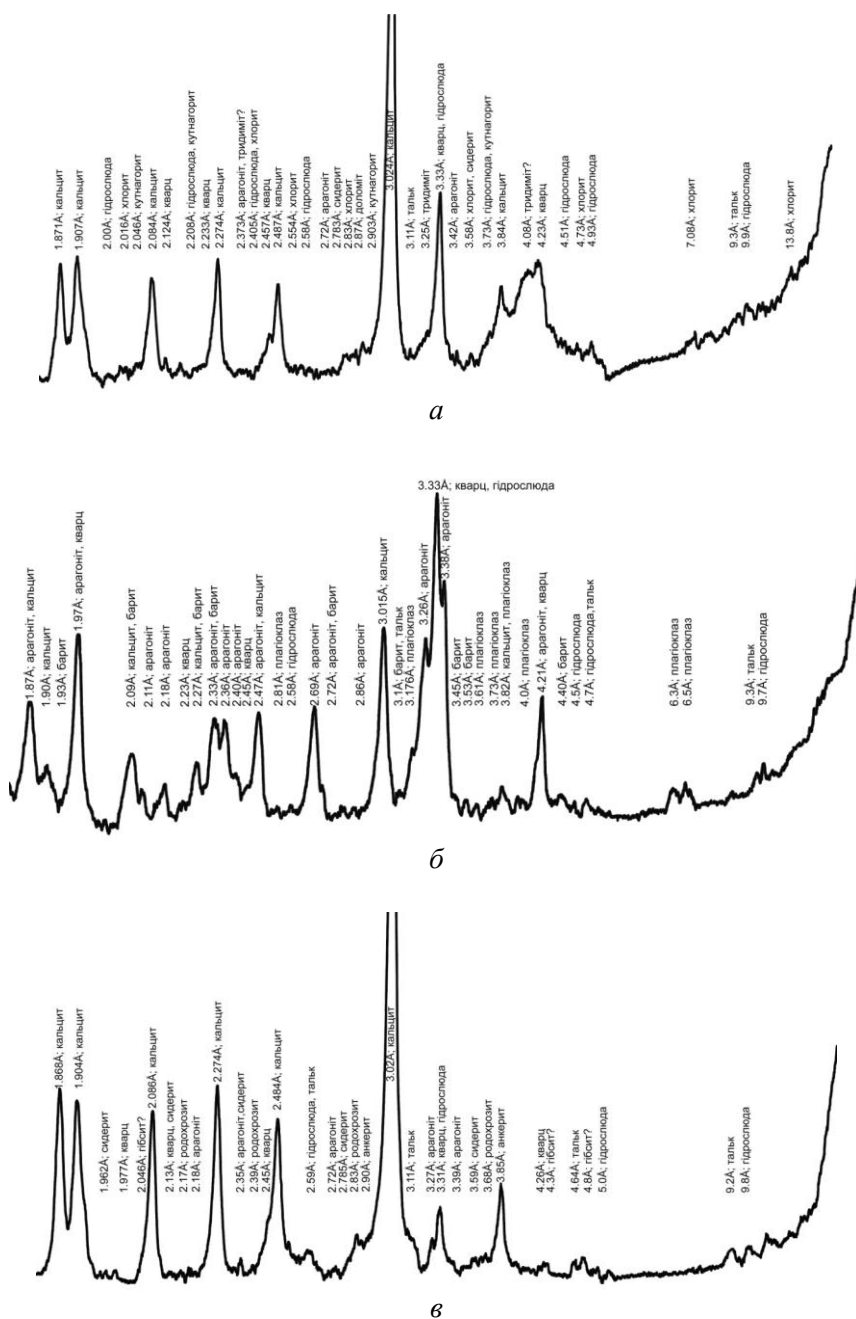


Рис. 6. Рентгенограммы литологических разностей мандрыковских слоев юго-восточной части мандрыковских слоев:
 а – детритовых известковых мелкозернистых песков; б – ракушняка; в – онколитового желвака

Величина обломков и целых скелетов фауны при полевых сборах обычно не превышают 10–12 см. При этом, несмотря на хорошо сохранившуюся скульптуру, раковины часто в различной степени (иногда незначительно) повреждены. Как пример можно привести пеллециподу *Arca biangula* Lamk., находки раковин которой не столь редки, но совершенно целые створки из

Рыбальского карьера единичны и весьма ценятся коллекционерами-палеонтологами. Очевидно, что способность к разрушению раковин различных таксонов неодинакова. Кроме вещественного состава и микроструктуры на сохранность фоссилий, несомненно, повлияла их общая форма. Так, башенковидные толстостенные туррителлиды и церитиумы обычно имеют обломанные устье и макушку, а тонкостенные округлые натициды и неритопсисы сохраняются лучше, наружная скульптура тонкостенных плион, как правило, хорошо сохраняется, но устье, как правило, обломано и т.д. (рис.7). Вышеперечисленные особенности захоронения и сохранности фоссилий весьма сходны с таковыми современных коралловых песков [8].



Рис. 7. Фоссилии мандрыковских слоев:

a – фоссилии из юго-восточной части карьера (одноразовый сбор); *б* – раковины гастропод *Plejona suturalis* (Nyst)

Общий анализ. В целом по своему разнообразию и характеру захоронения мандрыковский комплекс фоссилий является уникальным среди фаунистических ассоциаций палеогена Украины и причислять к нему фауну других местонахождений верхнего эоцена ошибочно. Соответственно, корреляционные построения, представленные в ряде работ [3; 6; 7; 10; 18 и др.], требуют ревизии. Так, распространенное в литературе мнение о большом сходстве чеганского и мандрыковского комплексов моллюсков [6; 7; 20] основано скорее на богатстве и хорошей сохранности фауны обоих местонахождений, чем на общности их систематического состава. Чеганские и мандрыковские отложения принадлежат к существенно различным фациям и накапливались в разных палеогеографических условиях, что явилось одним из существенных факторов, обусловивших различия их фаун. Как указывалось ранее [12; 14], сложности в коррелятивных построениях вносит и объединение в некоторых публикациях разнофациальных и даже разновозрастных отложений стратотипических областей палеогена Северной Германии. Очевидно, что во избежание ошибок принадлежность сопоставляемых по бентосу отложений к конкретным фациям должна обязательно учитываться при корреляции [5].

Выводы. Мандрыковские слои представлены верхнеэоценовыми коралловыми песками, включающими уникальный фаунистический комплекс. Они

развиты локально в пределах небольших депрессий кристаллического фундамента по обоим берегам Днепра в южной части территории Днепропетровска. В целом мандрыковские слои образуют сложное геологическое тело, которое по своим характеристикам может рассматриваться как «слои с фауной».

По своим литолого-фациальным и палеонтологическим характеристикам мандрыковские слои являются уникальными среди верхнеэоценовых отложений Украины, что обусловлено палеогеографическими, биономическими, седиментационными и петрографическими факторами. Основной составляющей мандрыковских пород являются желтовато- и светло-серые, иногда светло-коричневые детритовые слабоглинистые известковые мелкозернистые пески, включающие целые скелеты фоссилий. В то же время литологический состав быстро варьирует по пласту от известковых мелкозернистых детритовых песков до локально развитых ракушняков и пород онколитовых биогермов.

Гранулометрические особенности, состав и характер распределения минерального и палеонтологического материала говорят о формировании мандрыковских слоев в условиях весьма активной динамики водной среды. Можно предположить неоднократное взмучивание осадка турбулентными потоками и его быстрое осаждение, что характерно для условий формирования коралловых песков в волноприбойной, приливно-отливной зонах и зоне формирования пляжей.

Корреляция мандрыковских слоев с одновозрастными образованиями Евразии должна проводиться с обязательным учетом фациальных и палеогеографических особенностей сопоставляемых разрезов.

Библиографические ссылки

1. **Amitrov, O.V.** Mandrikovskie sloi (verhniy jeocen Ukrainy): izuchennost' gastropod i opisanie novogo vida Conorbis [Text]: O.V. Amitrov // Paleontolog. zhurn. – 2008. – № 6. – P. 11–14 (in Russian).
2. **Barg, I.M.** Narisi geologichnoi istorii Dnipropetrovshhini [Text]: I.M. Barg. – D.: TzOV «Al'fa», 1997. – 148 p. (in Ukrainian).
3. **Barg, I.M.** Stratigrafija paleogenovih vidkladiv pivdenного shilu Ukraïns'kogo shhita (Nikopol's'ko-Marganec'kij rajon) [Text]: I.M. Barg, V.V. Manjuk // Visn. Dnipropetr. un-tu. Ser. «Geologija. Geografija». – 2009. – Vip. 11, T. 17. – № 3/2. – P. 3–12 (in Ukrainian).
4. Novye dannye o stratigraficheskom polozhenii i vozraste mandrikovskih sloev okrestnostej g. Dnepropetrovska (USSR) [Text]: A.A. Veselov, B.T. Golev, S.A. Ljul'eva, V.G. Sheremeta // Dokl. AN SSSR. – 1974. – 217, № 5. – P. 1145–1147 (in Russian).
5. **Zhizhchenko, B.P.** Metody stratigraficheskikh issledovanij neftegazonosnyh oblastej [Text]: B.P. Zhizhchenko. – M.: Nedra, 1969. – 374 p. (in Russian).
6. **Kljushnikov, M.N.** Nizhnetretichnye otlozhenija platformennoj chasti Ukraïnskoj SSR [Text]: M.N. Kljushnikov. – K.: AN Ukrainy, 1953. – 430 p. (in Russian).
7. **Kljushnikov, M.N.** Stratigrafija i fauna nizhnetretichnyh otlozhenij Ukrainy [Text]: M.N. Kljushnikov. – K.: AN SSSR, 1958. – 428 p. (in Russian).
8. **Naumov, D.V.** Mir korallov [Text]: D.V. Naumov, M.V. Propp, S.N. Rybakov. – L.: Gidrometeoizdat, 1984. – 360 p. (in Russian).

9. **Nesterenko, P.G.** Paleogenovyje otlozhenija okrestnostej g. Dnepropetrovska i stratigraficheskoe polozenie mandrikovskih sloev [Text]: P.G. Nesterenko // Paleogenovyje otlozhenija Juga Evropejskoj chasti SSSR. – M., 1960. – P. 136–142 (in Russian).

10. **Nosovskij, M.F.** Novoe mestonahozhdenie mandrikovskih sloev v rajone g. Dnepropetrovska i ih paleontologicheskaja harakteristika [Text]: M.F. Nosovskij, I.D. Konenkova, I.M. Barg, E.M. Bogdanovich // Stratigrafija kajnozoja Severnogo Prichernomor'ja i Kryma. – D.: DGU, 1978. – P. 40–48 (in Russian).

11. **Petrenko, A.A.** Kinceva morena ta stratigrafichne polozhennja mandrikiv's'kih shariv [Text]: A.A. Petrenko // Mineral. resursi Ukraïni. – 2003. – № 4. – P. 30–34 (in Ukrainian).

12. **Popov, S.V.** Stratigrafija i dvustvorchatye moljuskij oligocena-nizhnego miocena Vostochnogo Paratetisa [Text]: S.V. Popov, A.A. Voronina, I.A. Goncharova. – M.: Nauka, 1993. – 207 p. (in Russian).

13. **Stefanskij, V.L.** O tehnogennyh i prirodnyh narushenijah mandrykovskih sloev Rybal'skogo kar'era (g. Dnepropetrovsk) [Text]: V.L. Stefanskij // Geol.-mineral. visn. Krivoriz. nac. un. – 2013. – № 1–2 (29–30). – P. 73–77 (in Russian).

14. **Stefanskij, V.L.** Dvustvorchatye molljuskij pozdnego jeocena Severnogo Prichernomor'ja i jugo-vostochnoj chasti Ukraïnskogo shhita, ih stratigraficheskoe znachenie [Text]: avtoref. dis. ... kand. geol.-min. nauk: 04.00.09 /Stefanskij Vadim Leonidovich. – K.: 1992. – 23 p. (in Russian).

15. **Stefanskij, V.L.** Verhnejeocenovyje onkolitovyje biogermi Rybal'skogo kar'era (g. Dnepropetrovsk) kak facial'nyj indikator mandrykovskih sloev [Text]: V.L. Stefanskij // Visn. Dnipropetr. un-tu. Ser. «Geologija. Geografija». 2014. – Vip. 16. T. 22. – № 3/2. – P.12–131. – 4 tabl. (in Russian).

16. Stratigraficheskaja shema paleogenovyh otlozhenij Ukraïny (unificirovannaja) [Text]: pod red. D.E. Makarenko. – K.: Nauk. dumka, 1987. – 116 p. (in Russian).

17. Formirovanie i vozrast mandrikovskih sloev okrestnostej g. Dnepropetrovska [Text]: A.Z. Shirokov, A.A. Veselov, V.L. Stefanskij, V.I. Petruscha // Dokl. AN USSR. Ser. B. «Geol. him. i biol. Nauki». – 1986. – № 2. – P. 25–28 (in Russian).

18. Derzhavna geologichna karta Ukraïni masshtabu 1:200000, arkush M-36-XXXVI (Dnipropetrovsk). Central'noukraïns'ka serija. Pojasnjuval'na zapiska [Text]: V.O. Shpil'chak, V.V. Manjuk, V.V. Sukach, A.I. Nekrjach // Ministerstvo ohoroni navkolishn'ogo seredovishha Ukraïni. Derzh. Geol. sluzhba. KP «Pivdenukrgeologija». – K.: 2007. – 116 p. – Ris. 11, dod.4 (in Ukrainian).

19. **Jarceva, M.V.** Nummulity paleogenovyh otlozhenij severo-vostochnogo sklona Ukraïnskogo kristallicheskogo massiva [Text]: M.V. Jarceva // Paleogenovyje otlozhenija juga Evropejskoj chasti SSSR. – M.: 1960. – P. 143–162 (in Russian).

20. **Koenen, A.** Über die Unteroligocene Tertiaer-Fauna vom Aralsee [Text]: A. Koenen // Bull. Soc. Nat. Moscow. – 1868. – T. 16. – P. 160–172.

21. **Martini, E.** Stratigraphische Stellung der obereozänen Sande von Mandricovka (Ukraine) und Parallelisierungs Möglichkeiten mit Hutle des fossilen Nannoplanctons [Text]: E. Martini, Z. Ritzkovski // Newslett. Stratigr. – 1970. – 1, H 2.– P. 49–60.

Надійшла до редколегії 06.03.2015

УДК 550.4:552.57/.58

Формы нахождения микроэлементов в каменных углях и антрацитах Северо-Восточного Донбасса вблизи ртутно-рудных тел

И. В. Удалов

Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина

Представлено исследование форм нахождения микроэлементов в каменных углях и антрацитах Северо-Восточного Донбасса в ореоле влияния ртутно-рудных тел. Анализ распределения проявлений Hg в углях Северо-Восточного Донбасса позволил наметить зависимость состава парагенетических ассоциаций ртутной минерализации от стадий постдиагенетических преобразований вмещающих пород. Выявлено, что в исследованных образцах каменных углей только 2 элемента – Ве и У – можно уверенно связать с органическим веществом. Показано, что определенные особенности влияния гидротермальных процессов на распределение элементов и форм их накопления в каменных углях необходимо учитывать при определении потенциальных ресурсов токсичных и редких элементов на территории Северо-Восточного Донбасса.

Ключевые слова: каменные угли, рудные тела, микроэлементы, состав угля, форма нахождения.

Forms of occurrence of trace elements in coals and anthracite North-east Donbass near mercury ledge

I. V. Udalov

Kharkiv National University Karazin

Presented by the research of the forms of trace elements in coals and anthracite North-East Donbass in the halo of influence mercury ledge. Shown the geological and tectonic features of the propagation and accumulation of trace elements in coals of the research area. Describes the general

Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, пл. Свободы, 4, г. Харьков,
61000, Украина.

V.N. Karazin Kharkiv National University, pl. Svobody, 4, Kharkov, 61000, Ukraine. Tel.: +38-095-917-59-32. E-mail: igorudalov8@gmail.com

patterns of concentration of trace elements in coal and anthracite. The purpose of research is to identify the patterns of the modes of occurrence of trace elements in coals and anthracite in the zone of

influence of mercury ledge. It is determined that an abnormal content of the elements of the sedimentary genesis is found in coals of low metamorphic grade, since it is associated with an organic part of coal. Described zonation of hydrothermal mineralization zones of regional thrusts controlling abnormal concentration of toxic and potentially toxic elements, suggests a direct link anomalous contents of elements with the intensity of hydrothermal alteration Carboniferous rocks. Analysis of the distribution of the manifestations of Hg in the North-East Donbass allowed to identify the dependence of paragenetic associations of mercury mineralization stages postdiagenetic transformation of host rocks. It is noticed that the intensive elaboration of organic matter hydrothermal solutions, forms of occurrence of trace elements in coals differ significantly from their modes of occurrence in coal without undergoing alteration or poorly designed them.

Key words: coal, minerals, concentration, form finding, ledge.

Введение. Донецкий бассейн – крупнейший угольный бассейн Европы, и перспектива его развития неразрывно связана с комплексным освоением полезных ископаемых. Угли Донбасса содержат ценные элементы, которые на протяжении всей истории развития угольной промышленности не извлекались. Попутное извлечение ценных элементов из углей – один из путей развития и увеличения рентабельности угольной отрасли [8]. Поэтому изучение форм нахождения этих элементов является крайне важной и актуальной задачей.

Территорией исследований является Северо-Восточный Донбасс, представленный восемью геолого-промышленными районами (с северо-запада на юго-восток): Лисичанским, Алмазно-Марьевским, Селезневским, Боково-Хрустальским, Луганским, Краснодонским, Ореховским, Должанско-Ровенецким. Исходя из поставленных целей, необходимо отметить, что исследуемые объекты (шахты, углеразведочные участки) находятся в традиционно угледобывающих районах, расположенных южнее Северодонецкого надвига. Своеобразие и многообразие геологического строения описываемой территории, включающее зону Северной мелкой складчатости, со сложным взаимодействием пликативных и дизъюнктивных структур, испытывающих влияние крупных региональных надвигов, безусловно, накладывают отпечаток на накопление и разубоживание тех или иных химических элементов в геологических телах. [2]

Целью исследований является выявление закономерностей форм нахождения микроэлементов в каменных углях и антрацитах, находящихся в зоне влияния ртутно-рудных тел. Помимо теоретического данное исследование имеет два важных практических аспекта. Во-первых, оно поможет решить эколого-геохимические проблемы, связанные с обращением и переработкой отходов угольной промышленности. Во-вторых, поможет выявить те микроэлементы, которые можно использовать как потенциальные ресурсы токсичных и редких элементов.

Материал и методы исследований. Изучение форм нахождения микроэлементов в каменных углях и антрацитах геолого-промышленных районов Северо-Восточного Донбасса являлось составной частью работ по паспортизации 85 породных отвалов ликвидируемых шахт, расположенных на территории Луганской области. Распределение химических элементов в углях и антрацитах было изучено по архивным данным кернового и бороздового опробования угольных пластов шахт исследуемого района. С помощью современной техники были систематизированы и обобщены многочисленные данные спектрального анализа проб углей (8330), песчано-глинистых и карбонатных пород (14400). Лабораторные работы по определению состава углей спектральным

полуколичественным анализом выполнялись лабораториями ПГО «Донбассгеология» и «Луганскгеология».

Анализ и результаты исследований. Известно, что Никитовское рудное поле включает 8 самостоятельных месторождений: Чернобугорское, Чернокурганское, Новозаводское, Мичуринское, Никитовское, Полукупол Новый, Чегарникское и Железнянское месторождения ртути. Но поскольку все они характеризуются похожим геологическим строением и сходным набором минералов, то часто все объекты Никитовского рудного поля называют Никитовским месторождением ртути. Все месторождения структурно приурочены к Горловской антиклинали и сопряженным с ней брахиструктурам, крупным разломам (Секущий и др.), мелким складчатым и разрывным нарушениям. Месторождения Никитовского рудного поля относятся к кварц-диккитовому геолого-промышленному типу [1].

Отмечено, что на размещение промышленных месторождений ртути решающее влияние оказывали крупные разломы (Осевой, Секущий и др.). По зоне дробления и трещинам растворы устремлялись из глубоких горизонтов вверх. В сводовых частях куполов, где возник большой объем трещин, должно было подойти максимальное количество растворов, где на своем пути они встречали препятствия в виде углисто-глинистого материала продольных трещин и покрывающих глинистых сланцев. В таких участках происходила концентрация растворов и последующая кристаллизация содержащихся в них веществ [4].

Ртутное оруденение (представленное киноварью) концентрируется в пластах песчаников, мощность которых составляет 50 – 60 м. Морфология рудных тел полностью подчинена трещинной тектонике.

Анализ имеющейся информации позволил установить, что на территории исследований самые высокие концентрации токсичных и редких элементов в углях распределяются в зоне Северной мелкой складчатости, в полосе развития региональных надвигов с интенсивно проявленной гидротермальной минерализацией и в линейных структурах первого порядка, в основном к западу от Ровенецкого поднятия. В зоне Северной мелкой складчатости в региональном плане аномальные содержания элементов гидротермального ряда находятся в зоне влияния Лисичанского глубинного разлома, а в палеозойском чехле – надвигов и других более мелких нарушений. В структурах первого порядка они контролируются Центральным-Донецким глубинным разломом, а в палеозойском чехле – поперечными сбросами и другими более мелкими нарушениями. Аномальное содержание элементов осадочного генезиса, особенно бериллия (Be), встречается в углях низких степеней метаморфизма, так как они связаны с органической частью углей.

Описанная зональность гидротермальной минерализации, зон региональных надвигов, контролирующей аномальное содержание токсичных и потенциально токсичных элементов, дает возможность сделать вывод о прямой связи аномальных содержаний таких элементов: ртуть (Hg), мышьяк (As), никель (Ni), кобальт (Co) и свинец (Pb) с интенсивностью гидротермальной проработки каменноугольных пород. Анализ распределения проявлений Hg на территории Северо-Восточного Донбасса позволил отметить зависимость состава парагенетических ассоциаций ртутной минерализации от стадий постдиагенетических преобразований вмещающих пород; катагенеза углей марок Г, Ж, К, ОС и метагенеза углей марок Т, ПА, А.

Из литературных источников известно, что формы нахождения микроэлементов в каменных углях и антрацитах зависят:

- от источников их накопления;
- величины концентрации;
- стадии метаморфизма органического вещества;
- степени проработки терригенно-угленосных отложений гидротермальными растворами [6].

Замечено, что при интенсивной проработке органического вещества гидротермальными растворами формы нахождения микроэлементов в каменных углях существенно отличаются от их форм нахождения в углях, не подвергшихся гидротермальным изменениям или же слабо проработанных ими [3; 4]. Это можно определить по значениям коэффициента сорбции (F), который показывает отношение содержания элементов в легкой (плотность менее $1,4 \text{ г/см}^3$) и тяжелой (плотность более $1,6 \text{ г/см}^3$) фракциях угля.

В процессе исследований анализировались пробы, отобранные из пласта h_3 в непосредственной близости от рудного тела Никитовского рудного поля. Определено, что угольный пласт h_3 залегает в кровле рудного тела, в нем отмечаются линзы и стяжения диагнетического пирита, пронизанные тонкими жилками кварца, пирита, карбонатов, диккита, киновари и других гидротермальных минералов. В процессе исследований по значению указанного коэффициента рассчитаны ряды сорбции (табл. 1).

Установленные ряды сорбции элементов с органическим веществом и минеральной частью во фракциях углей существенно отличаются от вышеназванного ряда сорбции бурых углей [6]. Анализ рядов сорбции в каменных углях вблизи рудно-рудных тел показывает, что в них значительно больше элементов, связанных с минеральной частью угля, чем в бурых углях, а элементов, связанных с органической частью углей, наоборот, меньше. Выявлено, что в исследованных образцах каменных углей только 2 элемента – Be и Y – можно уверенно связать с органическим веществом. В бурых углях с органическим веществом связано, кроме Be, значительно больше элементов: Ge, W, Ga и Nb.

Отмечено, что Be и Y наиболее тесно связаны с органическим веществом во фракции угля, плотность которой составляет более $1,8 \text{ г/см}^3$. В процессе исследований установлено, что указанные элементы накапливаются в органическом веществе за счет сорбции и связаны с гелифицированным веществом.

В наиболее тяжелых фракциях угля (плотность $1,75 - 1,80$ и более $1,8 \text{ г/см}^3$) коэффициент сорбции Hg с органическим веществом очень низкий, что позволяет, учитывая формы нахождения, уверенно отнести ее к минеральной части угля. Вместе с тем во фракциях угля, плотность которых ниже $1,75$, коэффициент сорбции с органическим веществом больше $1,0$, что указывает на связь аномальных ее содержаний с органической частью угля. Это связано с тем, что кроме сульфидной, металлической и изоморфной форм Hg она установлена в гуминовых кислотах, особенно вблизи рудных тел.

Зафиксировано, что с органическим веществом во фракциях угля с плотностью $1,75 - 1,8 \text{ г/см}^3$ наиболее тесно связан Ge.

Выявлено, что коэффициенты сорбции преобладающего большинства халькофильных, редких и рассеянных элементов с органической частью угля очень низкие, что гарантирует их связь с минеральными компонентами угля. Особенно характерно это для Sb и As, так как коэффициенты сорбции Sb и As во всех

фракциях угля наиболее низкие и они замыкают их ряды. Проанализировано, что в углях фракции больше 1,8 г/см³ они наиболее низкие, что отображает их весьма тесную связь с киноварью, пиритом и другими сульфидами металлов. Низкие коэффициенты сродства в угле фракции более 1,8 г/см³ характерны для Li, Mo, Zn, Co, Pb, а также других элементов, которые связаны с присутствием в минеральной части пирита и других сульфидов.

Таблица 1

Сопоставление коэффициентов сродства элементов в органическом веществе во фракциях угля (пласт h₃, марка угля Ж, Никитовское рудное поле)

	Фракция угля				
	1,60 – 1,65	1,65 – 1,70	1,70 – 1,75	1,75 – 1,80	> 1,8
Ряды коэффициентов сродства	2,2 Be >	2,7 Be >	3,0 Be >	2,6 Be >	4,71 Be >
	1,7 Y >	1,7 Y >	1,7 Y >	1,6 Y >	1,4 Y >
	1,3 Hg >	1,1 Hg >	1,0 Ag, Hg >	1,2 Ge >	1,0 >
	1,0 >	1,0 >	0,8 Cu >	0,8 Cu, Ag >	0,5 Cu >
	1,0 Cu, Pb, Ag >	0,9 Pb >	0,7 Pb, Mo >	0,6 Ni >	0,5 Ni, Ge >
	0,8 Ni, Mo >	0,8 Cu, Ag >	0,6 Ni >	0,5 Mo, Sc, Hg >	0,4 Ag, Sc >
	0,6 Co, Sc >	0,7 Ni, Mo >	0,5 Co, Zn, Sc >	0,4 Zn, Co, Ga, Li >	0,3 Pb, Ga >
	0,5 Zn, Ge, Li, Ga >	0,6 Zn >	0,4 Ga, Ge, As >	0,2 Pb, As >	0,2 Co, Zn, Li, Mo, Hg >
	0,3 As, Sb >	0,5 Co, Ga, Ge, Sc, Li, As >	0,3 Li >	0,09 Sb >	0,1 As >
			0,2 Sb		
					0,003 Sb

Необходимо отметить, что приведенный выше коэффициент сродства отображает связь элементов с органической и минеральной частями угля. Он не показывает распределение общего количества элементов в органической и минеральной частях угля. Для этих углей применяется коэффициент $I_i = C_i/Co$, отображающий относительную концентрацию микроэлемента во фракции, где C_i , Co соответственно содержание микрокомпонентов во фракции и исходном угле, выделенном из фракции.

Ниже приведено сопоставление коэффициента концентрации микроэлементов во фракциях угля, в пробах, отобранных из пласта h₃, расположенного в пределах Никитовского рудного поля (табл. 2). Фракцию угля называют концентратом микроэлемента, если коэффициент I_i больше 1,0. Приведенные данные (табл. 2) демонстрируют, что наибольшее количество микроэлементов концентрируется во фракции угля, плотность которой составляет 1,8 г/см³.

**Сопоставление коэффициентов концентрации
микроэлементов (Pi) во фракциях угля
(пласт h₃, марка угля Ж, Никитовское рудное поле)**

	Фракция угля				
	1,60 – 1,65	1,65 – 1,70	1,70 – 1,75	1,75 – 1,80	> 1,8
Ряды коэффициентов Pi	18 Sb	25 Sb	38 Sb	66 Sb	197 Sb
	8 Be	7 Hg	8 Hg	17 Hg	38 Hg
	6 Hg	6,7 Be	6 Be	7 As	14 As
	4,6 As	3,1 Ge, As	4 Ge	6,6 Be	4 Be
	3,5 Ge	2,9 Y	3,8 As	3,5 Pb	3,6 Y, Ge
	1,5 Sc	1,3 Li	1,8 Li	1,7 Sc	2,3 Pb
	1,2 Li	1,2 Cu	1,6 Sc	1,6 Li	2,1 Co
	1,0 Cu, Ga	1,0 Ga, Ag	1,2 Ga, Cu	1,4 Ge	2,0 Sc
	0,8 Co, Ag		1,0 Pb	1,2 Cu	1,8 Ag, Mo
		0,9 Co	0,9 Co	1,1 Co, Ga	
	0,7 Pb	0,7 Mo, Pb	0,8 Ag	1,0 Ag	1,6 Cu, Ga
	0,6 Zn, Mo		0,7 Mo	0,9 Mo	
		0,5 Ni, Zn	0,6 Zn	0,7 Zn	1,3 Zn
	0,4 Ni		0,5 Ni	0,6 Ni	0,7 Ni

Установленная особенность характерна как для халькофильных элементов – Cu, Zn, Pb, Sb, As, так и других элементов – Ba и Zr. Преимущественная концентрация приведенных элементов в указанных двух фракциях угля характерна и для элементов группы железа – Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni. Способность накапливаться в указанных двух фракциях угля зафиксирована и для литофильных элементов – Al, SiO₂, Ca, Mg, она же характерна и для группы рассеянных элементов – Li, Sc, Ga. Представляется, что фракция угля, плотность которой больше 1,8 г/см³ почти полностью состоит из гидротермального и диагенетического пирита. В ней концентрируются киноварь, а также другие минералы гидротермального генезиса – кварц, карбонаты, хлорит, диксит и т.д. Обнаружено, что распределение Be и Y существенно отличается от распределения Hg других халькофильных элементов. Наиболее высокое содержание указанных элементов выявлено во фракциях угля, меньше 1,5 г/см³, сложенных преимущественно витринитом и фюзинитом, где Be и Ga, вероятно, связаны с органическими микрокомпонентами.

Выводы. Выявленные в процессе исследований особенности влияния гидротермальных процессов на распределение микроэлементов и форм их нахождения в каменных углях являются весьма существенным признаком

геотектонических структур угольного бассейна. Необходимо изучить связь токсичных элементов и редких элементов с основными компонентами углей, продолжить работы по изучению форм нахождения в углях всех токсичных и потенциально токсичных элементов как потенциальных источников загрязнения окружающей природной среды. Это поможет более детально проанализировать все геологические и геохимические факторы локализации элементов гидротермального и осадочного генезиса в углях с целью получения достоверного прогноза содержания токсичных и редких элементов в данных угольных пластах.

Особенности влияния гидротермальных процессов на распределение элементов и форм их накопления в каменных углях необходимо учитывать при определении потенциальных ресурсов токсичных и редких элементов для их селективной добычи на территории Северо-Восточного Донбасса.

Библиографические ссылки

1. **Bagataev, R. M.** Geologicheskoe izuchenie i osvoenie Nikitovskih rtutnyh mestorozhdenij Donbassa [Text]/ R. M. Bagataev, V. M. Rogovoj. – М.: Nauch. mir, 2011. – 182 s.
2. Geologija mestorozhdenij uglja i goryuchih slancev SSSR [Text]: v 12 t. – М.: Gosgeotekhizdat, 1963. – Т.1: Donbass. – 1210 s.
3. **Gorovoj, A.F.** Mineralogija i geohimija rtutnyh mestorozhdenij Donbassa [Text]/ A. F. Gorovoj. – К.: Vishha sh., 1987. – 104 s.
4. **Gruba, V. I.** Mineralogija Doneckogo bassejna [Text]/ V. I. Gruba, E.K. Lazarenko, B. S. Panov. – К.: Nauk. Dumka, 1975. – Ch. 1. – 71-99 s.
5. **Kler, V.R.** Neorganicheskie komponenty tverdyh topliv [Text]/ V. R.Kler, I.Z.Percikov. – М.: Himija, 1991. – 221s.
6. Metallogenija i geohimija uglenosnyh i slancesoderzhashhijh tolshh SSSR: Zakonomernosti koncentracii jelementov i metody ih izuchenija [Text]/ V.R.Kler [at al.] – М.: Nauka, 1988. – 256 s.
7. On pollution of the biosphere in industrial areas: the example of the Donets coal Basin [Text]// B. Panov, A. Dudik, O. Shevchenko, E. Matlak// International J. of coal geology. – 1999. – № 40. – P. 199 – 210.
8. **Vinogradov, A.P.** Srednie sodержanija himicheskijh jelementov v glavnyh tipah izverzhenykh gornykh porod zemnoj kory [Text]/ A.P. Vinogradov // Geohimija. – 1962. – № 7. – S. 555 – 571.

Надійшла до редколегії: 24.02.2015

УДК 556.114.6 (571.15)

Оцінка міграційних властивостей мікроелементів у воді річок Саксагань та Інгулець

Н.П. Шерстюк

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

Оцінено міграційні властивості заліза, міді, цинку, хрому, мангану, свинцю, нікелю, кобальту, кадмію у воді річок Інгулець та Саксагань. На основі розрахованих коефіцієнтів водної міграції складено ряди міграції мікроелементів. Порівняння розрахованих коефіцієнтів міграції з рядами міграції О.І. Перельмана дозволило виявити дефіцит цинку та мангану у воді річок.

Ключові слова: коефіцієнт водної міграції, мікроелементи, ряди міграції.

Evaluation of migration properties microelements in rivers water Saksahan and Inhulets

N.P. Sherstyuk

Oles Honchar Dnepropetrovsk National University

Estimated migration properties of iron, copper, zinc, chromium, manganese, lead, nickel, cobalt, cadmium in water rivers Ingulets and Saksagan. Based on the calculated coefficients of water migration stacked rows of microelements. Comparison of the calculated ratios migration with rows of migration O.I. Perelman revealed deficiency of zinc and manganese in water rivers.

Key words: coefficient of water migration, microelements, rows of migration.

Вступ. Вода – складна динамічна система, тісно взаємопов'язана з навколишнім середовищем. У природних водах наявні майже всі елементи періодичної системи Менделєєва.

Джерелами надходження хімічних елементів у поверхневі води є гірські породи, ґрунти й ґрунтові води, атмосфера. Концентрацію кожного елемента у воді

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, просп. Гагаріна, 72, Дніпропетровськ, 49010, Україна.

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, prosp. Gagarina, 72, Dnipropetrovsk, 49010, Ukraine
Tel.: +38-096-124-15-35. E-mail: sherstuknp@inbox.ru

визначають його хімічні властивості, розчинність сполук, здатність утворювати комплексні сполуки й колоїдні розчини. З інтенсивністю міграції хімічного елемента пов'язана його участь у ґрунтоутворювальному процесі. Кращі міграційні характеристики, як правило, мають аніоногенні елементи у вигляді аніонів і добре розчинних солей. Це, наприклад, хлор, бром, сірка. Катіоногенні елементи (цинк, мідь, марганець і кобальт) мігрують у вигляді катіонів у складі добре розчинних солей, золів, комплексних сполук і солей фульвокислот [2].

Питання про геохімічну рухливість хімічних елементів в умовах зони гіпергенезу найбільш повно розробив О.І. Перельман [3], який дослідив основні фактори рухливості, оцінив інтенсивність водної міграції, запропонував методи її визначення, установив різноманітність міграції в різних геохімічних умовах, розробив гідрохімічну класифікацію елементів, визначив класи водної міграції, класифікував геохімічні бар'єри й т.д. Однак не досліджено питання міграційних властивостей мікроелементів у річках районів гірничодобувної промисловості (Інгульця та Саксагані).

Матеріал і методи досліджень. На даний час накопичено значну кількість інформації щодо знаходження у воді водних об'єктів мікроелементів (заліза, міді, цинку, хрому, мангану, свинцю, нікелю, кобальту, кадмію). Моніторингові дослідження проводять як на державному (Гідрометцентр України), так і на локальному рівнях (екологічні служби областей, міст, окремих підприємств). Як правило, висновки, зроблені в результаті аналізу даних гідрохімічних спостережень, дозволяють оцінити основні тенденції у зміні загальної кількості певних елементів або перевищення їх вмісту порівняно із граничнодопустимими концентраціями (ГДК). Проблема міграції мікроелементів у поверхневих водах, особливо в районах найбільш техногенно забруднених, а саме гірничодобувних, складна й маловивчена. На природні гідролого-гідрохімічні особливості водного об'єкта в цьому випадку впливають зміни в геохімії усього ландшафту [7].

Вивчено особливості міграцій головних іонів у воді водних об'єктів на території Північного гірничо-збагачувального комбінату (Криворіжжя) та виявлено, що міграційні властивості хлорид- і сульфат-іонів, іонів натрію завищені, а іонів кальцію – занижені [6].

Коефіцієнт водної міграції – універсальний показник, який можна застосовувати для оцінки міграційних властивостей будь-яких елементів та виявлення не тільки певних закономірностей формування мікроелементного складу поверхневих вод, а й оцінки їх забруднення [8].

Суть дослідження – аналіз особливостей міграційних властивостей заліза, міді, цинку, хрому, мангану, свинцю, нікелю, кобальту, кадмію у воді річок Саксагань та Інгулець. Для цього було застосовано методи геохімії ландшафту [3].

Результати та їх обговорення. Досліджувані водні об'єкти (Саксагань та Інгулець) досить детально розглянуто у монографіях [1;7]. Ці річки протікають по Криворіжжю – території активного видобутку та збагачення залізної руди. Їх гідролого-гідрохімічний режим суттєво змінений у результаті будівництва водосховищ (Макортівського та Кресівського – на Саксагані, Карачунівського – на Інгульці), скиданням високомінералізованих шахтних вод.

Інгулець у верхній течії протікає по Кіровоградській області й має певне техногенне навантаження. Протягом 15 км течії річки по Кривому Розі у неї потрапляють води Саксагані, промислові стічні води металургійного,

коксхімічного й гірничо-цементного комбінатів, а також двох ГЗК – Південного й Новокриворізького.

Верхній досліджуваний відрізок річки зрегульований дамбами Карачунівського та Іскрівського водосховищ. Воду використовують для зрошення сільськогосподарських земель і водопостачання Миколаївської та Херсонської областей. У 1958 р. було збудовано Інгулецьку зрошувально-обвідну систему. Через забруднення річних вод промисловими стоками для водозабезпечення Кривбасу побудовано канал Дніпро – Інгулець, який бере свій початок у районі Кременчука.

На теперішній час щорічний середній обсяг стоку Інгульця у біля верхів'я (у передмісті Кривого Рогу до впадіння в нього Саксагані) становить приблизно 0,24 км³. Причому це в основному вода з Дніпра, яку подають каналом Дніпро – Інгулець із Кременчуцького водосховища. Щорічно в Інгулець потрапляють приблизно 0,20 км³ шахтних вод Північного гірничо-збагачувального комбінату (ГЗК) у Кривому Розі й стоки із очисних споруд цього міста (через Карачунівське водосховище). Також у дане водосховище надходить вода з Каховського водосховища, яка подають каналом Дніпро – Кривий Ріг.

Відповідно до розпорядження Кабміну було дозволено скидання надлишку промислових шахтних вод зі ставка-накопичувача Криворізького басейну в Інгулець із 1 листопада 2014 р. по 1 березня 2015 р. У 2013 р. було скинуто в річку із ставка-накопичувача в балці Свистунова 12,7 млн м³ води з мінералізацією до 38 г/дм³.

Саксагань – річка в південно-східній частині Придніпровської височини, ліва притока Інгульця, типова степова маловодна річка з широкою плоскою правобережною долиною і високим лівим схилом. Швидкість течії незначна. Природний режим річки сильно змінений регульовальним впливом дамб, скиданням шахтних і промислових вод, а також відбиранням води для технічних потреб. Найбільші витрати води Саксагані досягають 240 м³/с. Стік річки регулюють Макортівське і Кресівське водосховища, розташовані відповідно вище і нижче району ПівнГЗКа. Реалізовано проект щодо зміни русла Саксагані: побудовано відвідний тунель довжиною понад 5300 м від Дзержинського водосховища до Інгульця. У районі тунелю рух води в річці утруднений, має дуже низьку швидкість.

У 2013 р. у Саксагань та Інгулець скинуто 17,5 млн м³ стічних вод, у тому числі шахтних, без очищення [5].

Очищення шахтних вод – актуальна екологічна проблема, яку сьогодні не вирішують через відсутність економічно вигідних способів очищення. У шахтних водах виявлено стронцій, манган, титан, мідь, срібло, нікель, хром, свинець, кобальт [9].

Аналіз вмісту важких металів (заліза, міді, цинку, хрому, мангану, свинцю, нікелю, кобальту, кадмію) здійснено за результатами гідрохімічних спостережень Державного управління охорони навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області за чотирма пунктами спостережень на Саксагані та п'ятьма – на Інгульці (рис. 1). Спостереження проводили з 2006 по 2013 р. один раз на рік.

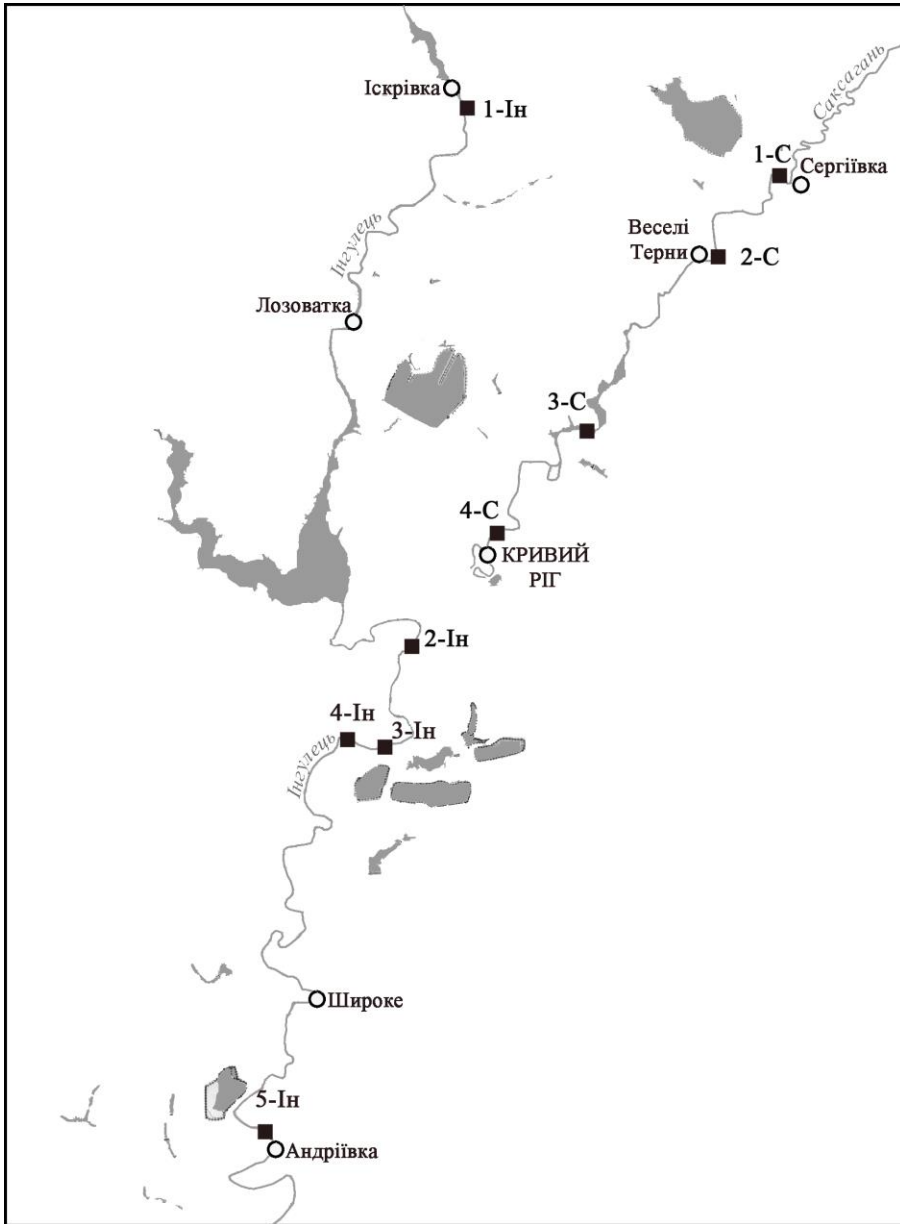


Рис. 1. Картохема розташування водних об'єктів і пунктів спостереження в районі Криворізького залізрудного басейну:

1-Ін – с. Іскрівка, у межах населеного пункту (н.п.), 200 м нижче греблі Іскрівського вдсх; *2-Ін* – у межах Кривого Рогу, 500 м нижче впадіння Саксагані; *3-Ін* – у межах міста, вище скидань по б. Грушовата; *4-Ін* – у межах міста, нижче скидань по б. Грушовата; *5-Ін* – с. Андріївка, у межах н.п.; *1-С* – с. Сергіївка, в межах н.п.; *2-С* – с. Веселі Терни, у межах н.п.; *3-С* – Кривий Ріг, у межах міста нижче греблі Кресівського вдсх; *4-С* – у межах міста, 5 км вище впадіння в Інгулець

Попереднє опрацювання гідрохімічної інформації дозволило виявити загальні закономірності названих мікроелементів у воді водних об'єктів за пунктами спостережень:

1) перевищень вмісту жодного елемента над ГДК для питних цілей не зафіксовано;

2) у більшості хімічних аналізів проб води наявне перевищення норм ГДК для рибогосподарських цілей (крім вмісту Fe^{3+} пп. 1-Ін ... 4-Ін та пп. 1-С, 2-С, 4-С у 2010, 2011 рр.);

3) виявлено закономірне збільшення середнього вмісту більшості досліджуваних елементів вниз за течією Саксагані та Інгульця.

Один із найвідоміших методів визначення рухливості хімічних елементів, запропонованих О.І.Перельманом, – коефіцієнт водної міграції K_x , який розраховують за формулою [3]

$$K_x = \frac{m_x \cdot 100}{a \cdot n_x},$$

де m_x – вміст елемента X у воді, мг/дм³; n_x – вміст X у породах, %; а – мінералізація (сухий залишок), мг/дм³.

Часто замість вмісту елемента в підстільних породах застосовують кларк елемента в літосфері. Така заміна дозволяє оцінити положення елемента в рядах міграції.

Коефіцієнт водної міграції за О.І. Перельманом характеризує умовну швидкість виносу хімічних елементів відносно їх кларкового вмісту в гірських породах.

Чим вище K_x , тим інтенсивніше елемент виводиться з порід, і тим вища його водна міграція в розчині. Даний коефіцієнт дозволяє порівнювати інтенсивність міграції хімічних елементів, що мають досить різні кларки. У разі виносу з породи певної кількості іона хлору одночасно виноситься еквівалентна кількість іона натрію (або іншого катіона – кальцію, магнію). Однак на міграційну здатність натрію це майже не впливає, тому що кларк натрію становить 2,5 %, хлору – $1,7 \cdot 10^{-2}$ %. Проте дослідник обмежує застосування даного коефіцієнта для підземних вод і пропонує послуговуватися ним для оцінки водної міграції елементів у ландшафті, а саме в поверхневих водах. Крім того, досліджувані елементи важливі для біоти. Відповідно до класифікації О.І. Перельмана цинк належить до групи елементів, які суттєво накопичує біота. Манган, мідь, нікель, кобальт, кадмій слабо накопичує та середньо захоплює; залізо слабо захоплює, а хром надзвичайно слабо захоплює біота.

Для оцінки міграційних властивостей мікроелементів у воді річок Інгулець та Саксагань розраховано коефіцієнт водної міграції для заліза, міді, цинку, хрому, мангану, свинцю, нікелю, кобальту, кадмію (табл.1). Для всіх елементів їх коефіцієнт більший у воді Інгульця, ніж у воді Саксагані (за середніми значеннями). При цьому по Інгульцю K_x суттєво зменшується за течією в результаті збільшення мінералізації води в річці, що, у свою чергу, безпосередньо пов'язано зі скиданням в Інгулець високомінералізованих шахтних вод [6]. При цьому слід зазначити, що така закономірність не зберігається для хрому, свинцю, нікелю, кобальту та кадмію. Отже, можна вважати, що дані елементи потрапляють в

Значення коефіцієнтів водної міграції мікроелементів у воді річок Інгулець та Саксагань (2006 – 2013)

№ на картосхемі	Коефіцієнт водної міграції									
	Fe	Cu	Zn	Cr	Mn	Pb	Ni	Co	Cd	
р. Інгулець										
1-Ін	<u>0,0041...0,0005*</u> 0,0024	<u>1,29...1,06</u> 1,18	<u>0,23...0,19</u> 0,21	<u>0,2...0,013</u> 0,05	<u>0,086...0,033</u> 0,046	<u>0,63...0,42</u> 0,53	<u>0,47...0,21</u> 0,43	<u>0,86...0,25</u> 0,63	<u>0,033...0,009</u> 0,0023	
2-Ін	<u>0,0036...0,0008</u> 0,023	<u>1,81...0,79</u> 1,12	<u>0,17...0,09</u> 0,12	<u>0,2...0,019</u> 0,1	<u>0,061...0,022</u> 0,038	<u>1,3...0,31</u> 0,68	<u>0,82...0,27</u> 0,47	<u>1,39...0,27</u> 0,74	<u>0,42...0,077</u> 0,19	
3-Ін	<u>0,0022...0,0004</u> 0,0014	<u>1,09...0,34</u> 0,7	<u>0,12...0,07</u> 0,08	<u>0,16...0,07</u> 0,08	<u>0,031...0,017</u> 0,022	<u>0,31...0,16</u> 0,24	<u>0,56...0,17</u> 0,39	<u>0,81...0,19</u> 0,54	<u>0,33...0,046</u> 0,15	
4-Ін	<u>0,0022...0,0004</u> 0,0013	<u>1,0...0,36</u> 0,49	<u>0,08...0,044</u> 0,055	<u>0,11...0,06</u> 0,07	<u>0,024...0,012</u> 0,016	<u>0,21...0,13</u> 0,16	<u>0,35...0,11</u> 0,25	<u>0,54...0,11</u> 0,39	<u>0,24...0,041</u> 0,11	
5-Ін	<u>0,0021...0,0004</u> 0,0014	<u>1,16...0,23</u> 0,45	<u>0,092...0,044</u> 0,061	<u>0,076...0,052</u> 0,064	<u>0,022...0,011</u> 0,014	<u>0,23...0,1</u> 0,18	<u>0,32...0,11</u> 0,26	<u>0,48...0,13</u> 0,29	<u>0,19...0,044</u> 0,096	
р. Саксагань										
1-С	<u>0,0042...0,0006</u> 0,0013	<u>0,54...0,16</u> 0,37	<u>0,044...0,028</u> 0,039	<u>0,096...0,052</u> 0,067	<u>0,026...0,016</u> 0,019	<u>0,25...0,08</u> 0,15	<u>0,26...0,14</u> 0,18	<u>0,39...0,07</u> 0,21	<u>0,15...0,054</u> 0,11	
2-С	<u>0,0016...0,0005</u> 0,0009	<u>0,59...0,18</u> 0,37	<u>0,06...0,024</u> 0,041	<u>0,11...0,04</u> 0,071	<u>0,028...0,017</u> 0,022	<u>0,27...0,1</u> 0,16	<u>0,26...0,14</u> 0,17	<u>0,39...0,07</u> 0,21	<u>0,15...0,051</u> 0,11	
3-С	<u>0,0032...0,0009</u> 0,0013	<u>0,52...0,25</u> 0,48	<u>0,052...0,028</u> 0,043	<u>0,076...0,04</u> 0,062	<u>0,025...0,017</u> 0,019	<u>0,25...0,1</u> 0,19	<u>0,39...0,11</u> 0,25	<u>0,48...0,13</u> 0,29	<u>0,17...0,051</u> 0,12	
4-С	<u>0,0028...0,0003</u> 0,0012	<u>0,82...0,16</u> 0,51	<u>0,052...0,036</u> 0,044	<u>0,088...0,056</u> 0,074	<u>0,023...0,017</u> 0,020	<u>0,29...0,13</u> 0,19	<u>0,39...0,13</u> 0,24	<u>0,48...0,13</u> 0,32	<u>0,15...0,061</u> 0,12	

* У чисельнику: максимальне та мінімальне значення; у знаменнику – середнє.

Інгулець з об'єктів гірничодобувної промисловості (надходження елементів у повітря, ґрунти та ґрунтові води).

Стосовно Саксагані спостерігається зворотна ситуація, коли K_x помітно збільшується за течією для міді, цинку, хрому, нікелю, кобальту, тобто із віддаленням від Північного ГЗК (пункт спостереження – 1-С).

За середніми багаторічними значеннями коефіцієнти міграції у воді досліджуваних річок можна розташувати в такі ряди:

Інгулець: Fe<Mn<Cr<Zn<Cd<Ni<Pb<Co<Cu,

Саксагань: Fe<Mn<Zn<Cr<Cd<Pb<Ni<Co<Cu,

тобто у воді Саксагані зменшуються міграційні властивості цинку (0,11 – Інгулець; 0,04 – Саксагань) та свинцю (0,32 – Інгулець; 0,17 – Саксагань) відповідно у 2,5 і 2 рази.

Аналіз відповідності міграційних властивостей мікроелементів за рядами міграції проведений із застосуванням даних табл. 2 [4].

Таблиця 2

Ряди міграції елементів у кисневих водах біосфери
за О.І. Перельманом та Н.С. Касимовим

Ряд міграції	Інтенсивність міграції	Діапазон зміни коефіцієнта водної міграції (K_x)	Хімічні елементи
I	Дуже сильна	$n \cdot 10 - n \cdot 100$	S, Cl, B, Br, J
II	Сильна	$n - n \cdot 10$	Ca, Mg, Na, F, Sr, Zn, U, Mo, Se, Au
III	Середня	$0,1 \cdot n - n$	Si, K, Mn, P, Ba, Rb, Ni, Cu, Li, Co, Cs, As, Tl, Ra
IV	Слабка та дуже слабка	$0,01 \cdot n$ та менше	Al, Fe, Ti, Zr, Th та ін.

Порівнявши одержані коефіцієнти водної міграції з рядами міграції (табл. 2), можна виявити невідповідності в міграційних властивостях цинку та марганцю. Цинк належить до елементів, що мають сильну міграцію у водах біосфери. Його K_x знаходиться в межах від 1 до 99, максимальне значення у досліджуваних водних об'єктах зафіксовано у воді Інгульця – 0,23. Марганець відносять до елементів, які мають середні міграційні властивості. Коефіцієнт міграції змінюється від 0,1 до 9, максимальне значення K_x виявлено у воді Інгульця – 0,086. Таким чином, у ландшафтах басейнів Інгульця та Саксагані спостерігається суттєвий дефіцит цинку й марганцю, що негативно впливає на розвиток біоти.

Висновки. Оцінивши міграційні властивості заліза, міді, цинку, хрому, мангану, свинцю, нікелю, кобальту, кадмію у воді Інгульця та Саксагані, ми можемо зробити такі висновки:

- коефіцієнти водної міграції всіх компонентів мають більші значення у воді Інгульця, ніж у воді Саксагані;
- збільшення мінералізації води в річках в результаті скидання шахтних вод зменшує міграційні властивості компонентів;
- складено ряди міграції мікроелементів для досліджуваних річок, проаналізовані їх особливості;
- виявлено дефіцит цинку та мангану у воді даних водних об'єктів (цей факт слід враховувати під час складання медико-гігієнічних рекомендацій);

– коефіцієнт водної міграції – важливий інструмент дослідження водного об'єкта як елемента ландшафту.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на виявлення особливостей міграційних форм мікроелементів у воді Інгульця та Саксагані.

Бібліографічні посилання

1. **Khilchevskiy, V.K.** Hydrochemical regime and water quality Inhulets in technogenesis [Text] / V.K.Khilchevskiy, R.L Kravchinsky, O.V.Chunarev. – K.: Nika-Centr, 2012. – 180 p. (in Ukraine).

2. **Khilchevsky, V.K.** Principles of hydrochemistry [Text] / V.K.Khilchevskiy, V.I. Osadchiy, S.M Kurilo. – K.: Nika-Centr, 2012. – 312 p. (in Ukraine).

3. **Perelman, A.I.** Geochemistry landscape [Text] / A.I. Perelman. – M.: Visshaya shkola, 1966. – 387 p. (in Russian).

4. **Perelman, A.I.** Geochemistry landscape [Text] / A.I. Perelman, N.S. Kasimov. – M.: MGU, 1999. – 612 p. (in Russian).

5. Regional report on the state of the environment in the Dnipropetrovsk region in 2013, 2014 [Text] / ed. by R.O. Strilez– D.: Monolit, 2014. – 352 p. (in Ukraine).

6. **Sherstyuk, N.P.** Influence of ore mining and processing industry on migratory properties of main ions in surface-water [Vplyv girny`chi-zbagachuval`noyi promy`slovosti na migracijni vlasty`vosti golovny`x ioniv u poverxnev`x vodax] [Text] / N.P. Sherstyuk // Hydrology, hydrochemistry and hydroecology [Gidrologiya, gidroximiya i gidroekologiya]. – 2011. – 4(21). – P. 92–105 (in Ukraine).

7. **Sherstyuk, N.P.** Features of hydrochemical processes in man-made and natural water objects Krivbass [Text] / N.P. Sherstyuk, V.K.Khilchevskiy. – D.: TOV Akcent PP, 2012. – 263 p. (in Ukraine).

8. **Spitsina, S.F.** Odds of water migration of trace elements such as copper, zinc, manganese, cobalt, boron and molybdenum in the Altai region [Koeffitsientyi vodnoy migratsii mikroelementov: medi, tsinka, margantsa, kobalta, bora i molibdena v Altayskom krae] [Text] / S.F. Spitsina, T.N. Tkachenko, V.G. Baharev // Agroecology [Agroekologiya]. – 2007. – 11(37). – P. 35–38 (in Russian).

9. Some aspects of improving geo-ecological conditions of the Krivoy Rog region (Central Ukraine) [Nekotoryie aspektyi uluchsheniya geoekologicheskoy obstanovki Krivorozhskogo regiona (Tsentralnaya Ukraina)] [Text] / O.K. Tyapkin [et al.] // Proc. All-Russian forum with international participation «The development of mineral resource base of Siberia: from Obrucheve V.A., Usov M.A., Urvantseva N.N. to the present day» [materialyi Vserossiyskogo foruma s mezhdunarodnyim uchastiem «Razvitie mineralno-syirevoy bazyi Sibiri: ot Obrucheve V. A., Usova M. A., Urvantseva N. N. do nashih dney»]. – Tomsk, 2013. – P. 577–581 (in Russian).

Надійшла до редколегії 16.02.2015

УДК 574+551.43

Геохімічні особливості розподілу важких металів у ґрунтах зони впливу підприємств кольорової металургії

О.В. Яковенко, І.В. Кураєва, Г.А. Кроїк, К.С. Злобіна

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України, м. Київ

Досліджено ґрунти зони впливу Костянтинівського свинцево-цинкового комбінату на вміст важких металів. Визначено фізико-хімічні властивості як техногенно порушених ґрунтів, так і ґрунтів умовно чистих територій. Методом стадійних витяжок визначено основні фракції важких металів у ґрунтах. Установлено, що в забруднених ґрунтах метали знаходяться переважно в сорбованій на гідроксидах, органічній і фіксованій формах. Доведено, що у забруднених ґрунтах значно підвищується вміст рухомих форм важких металів. Методом нормування за еколого-геохімічними критеріями оцінено ступінь екологічної небезпеки забруднення ґрунтів важкими металами й визначено геохімічні асоціації хімічних елементів. Показано, що за середнім значенням сумарного показника забруднення Z_C досліджувані ділянки відносяться до надзвичайно небезпечної категорії забруднення.

Ключові слова: важкі метали, ґрунт, забруднення, екологія.

Geochemical features of heavy metals distribution in soils under the influence of the non-ferrous metallurgy enterprises

O.V. Yakovenko, I.V. Kuraeva, G.A. Kroik, K.S. Zlobina

Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine, Kyiv

Objects of researches are soil adjournment under the influence of the non-ferrous metallurgy enterprises. The total maintenance and the maintenance of mobile forms of heavy metals defined by means of a method of nuclear adsorption and the spectral analysis. Definition of forms of heavy metals spent with use of a method of consecutive extraction. As a result of researches it is established that the basic source of issue of heavy metals in environment is functioning of svintsovo-zinc industrial complex.

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України, просп. Акад. Палладіна, 34, м. Київ, 03680, Україна.

M. P. Semenenko institute of geochemistry, mineralogy and ore formation National Academy of Sciences of Ukraine, pr. Akad. Palladina, 34, Kiev, 03680, Ukraine.

Tel.: +38-044-501-1520. E-mail: aleksandra-matvi@mail.ru

It is established that heavy metals are in soils in residual, sorbed on hydroxides and organic forms. The share of the mobile form makes 16 %. It is shown that the maintenance of mobile forms of metals in the polluted soils exceeds indicators of pure soils. On geochemical indicators define level of pollution of soils. On factor of total pollution an ecological situation in a zone of influence of industrial complex it is estimated as catastrophic ($Z_C = 1,7 \cdot 10^4$).

Key words: heavy metals, soil, pollution, ecology.

Вступ. Україна належить до країн із високим рівнем індустріалізації, що передбачає високу концентрацію промислових підприємств. Даний факт, а також наявність застарілого устаткування негативно позначаються на екології. Активний розвиток промисловості надзвичайно негативно впливає на навколишнє природне середовище в цілому та ґрунти зокрема. Недосконалість нормативної бази в екологічній царині лише погіршує ситуацію.

Одним із найактуальніших напрямків екологічної геохімії є вивчення особливостей розподілу важких металів (ВМ) в умовах техногенезу та здатності забруднювачів надходити у трофічні ланцюги [3; 5; 12]. Емісія забруднювачів, продукованих промисловими підприємствами, в об'єкти навколишнього середовища в сучасних умовах сягає таких обсягів, що в районах великих промислових центрів істотно перевищує допустимі норми і загрожує життю та здоров'ю як нинішніх, так і прийдешніх поколінь [6; 7; 13; 17].

Підприємства кольорової металургії – джерело забруднення навколишнього середовища ВМ, а також сірчаною і азотною кислотами [4; 9; 11; 15; 16; 20]. Одним із компонентів геосистеми, який формується в умовах техногенного впливу, є ґрунт [8]. На техногенно-забруднених територіях на стан ґрунтів впливає антропогенний фактор. Проблема екологічного стану ґрунтів – основного багатства України – актуальна, тому дослідження еколого-геохімічних особливостей техногенно забруднених ґрунтів має важливе соціально-економічне значення.

Суть дослідження. Суть роботи – виявлення закономірностей розподілу ВМ у ґрунтах зони впливу підприємств кольорової металургії.

Об'єкти і методи досліджень. Об'єктами досліджень є ґрунти зони впливу підприємств кольорової металургії. Валовий вміст і вміст рухомих форм ВМ визначали за допомогою методу атомної адсорбції на приладі КАС-115 та ІСР-MS-аналізатора ELEMENT-2 (Німеччина) [1]. Вміст металів у фракціях ґрунту визначали за методикою [14; 18] (табл. 1).

Таблиця 1

Методика визначення фракцій важких металів

Послідовність екстракції	Форма	Екстрагент, умови екстракції
1	Водорозчинна	$H_2O + 20\% C_2H_5OH$
2	Обмінна	$1M CH_3COONH_4$
3	Карбонатна	$1M CH_3COOH$
4	Сорбована оксидами Fe, Mn	$0,04 HCl + 25\% CH_3COOH (95^\circ C)$
5	Органічна	$HNO_3 + H_2O (90^\circ C)$
6	Залишкова	$HF + HClO_4 (3:1)$

Оцінку техногенного навантаження проводили за Ю. Є. Саетом, зокрема сумарним показником забруднення, коефіцієнтами небезпеки та концентрації [19]. Проби ґрунту відбирали відповідно до методики [2].

Результати та їх обговорення. Ми дослідили ґрунти як біля Костянтинівського свинцево-цинкового комбінату, так і у межах фонової ділянки (табл. 2 – 4, рис.1).



Рис. 1. Схема розміщення Костянтинівської ділянки

Таблиця 2

Фізико-хімічні властивості ґрунтів Костянтинівської ділянки

Тип ґрунту	C _{орг} , %	рН	Обмінні катіони, мг-екв/100 г					
			H ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	У Е
Чорнозем звичайний середньогумусний на лесоподібних суглинках	0,37	6,7	6,9	7,60	1,70	0,24	1,1	17,54
Чорнозем звичайний середньогумусний («Хомутовський степ»)	3,6	7,2	7,20	30,10	9,10	0,50	0,90	55

Примітка: У Е – сума поглинених катіонів.

Таблиця 3

Вміст мікроелементів у чорноземах заповідника «Хомутовський степ», мг/кг

Тип ґрунту	h, см	Cd		Zn		Cu		Co	
		1	2	1	2	1	2	1	2
		Чорнозем звичайний середньогумусний	0-20	0,07	0,175	80	21	20	4,5
20-40	<0,067		<0,167	50	6	10	5	4,0	<0,7
40-60	<0,054		<0,159	87	3,6	23	5,5	10,3	<0,8
60-82	<0,055		<0,165	80	2,9	20	5,8	8,3	<0,8
>82	<0,047		<0,157	80	4,2	20	6,1	11,2	<0,8

Примітка: 1 – валовий вміст; 2 – рухомих форм.

Фізико-хімічні властивості ґрунтів у зоні впливу комбінату відмінні від аналогічних показників умовно чистої території (заповідник «Хомутовський степ»): сума поглинених катіонів значно вища в ґрунтах заповідника, а у техногенно забруднених ґрунтах у 10 разів нижчий вміст C_{орг}. Вміст Ca²⁺ у ґрунтах заповідної території у 4 рази вищий, ніж у ґрунтах поблизу комбінату. Ми дослідили фракції ВМ у ґрунтах вищезгаданих територій за відповідними методиками [1;18] (рис.2).

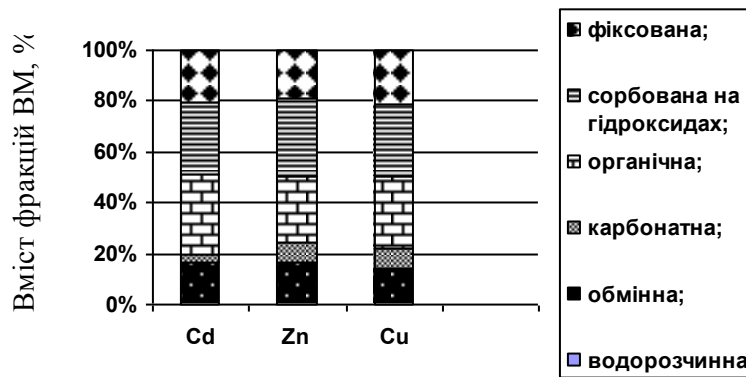


Рис.2. Вміст фракцій важких металів у ґрунті

Вміст рухомих форм (обмінної та водорозчинної) для кадмію становить 16 %, для цинку – 16,3 %, для міді – 14 %, що є показником значної міграційної здатності цих елементів.

Таблиця 4

Діапазон забруднення ґрунтів Костянтинівської ділянки
(за даними дослідження 21 точки)

Показник	Вміст, мг·кг ⁻¹	K _o	K _c
	<u>min-max</u> av	<u>min-max</u> av	<u>min-max</u> av
Cd	<u>60-4000</u> 1182	<u>60-4000</u> 1182	<u>857-57143</u> 16886
Cr	<u>30-400</u> 159	<u>0,3-4</u> 1,6	=
Co	<u>3-80</u> 8	<u>0,4-2,5</u> 1	<u>0,2-1,6</u> 0,7
Ni	<u>10-100</u> 63,6	<u>0,1-1,2</u> 0,7	<u>0,3-3,1</u> 2
Zn	<u>200-10000</u> 5263,6	<u>2-100</u> 52,6	<u>2-100</u> 53
Mn	<u>800-10000</u> 3664	<u>0,5-6,7</u> 2,4	<u>1,3-17</u> 6,1
Pb	<u>100-10000</u> 4173	<u>3,1-312,5</u> 130	<u>5-488</u> 203
Cu	<u>40-4000</u> 1364	<u>0,7-73</u> 25	<u>1,6-160</u> 0,5
Z _c			17145

Примітка: K_o – коефіцієнт небезпеки; K_c – коефіцієнт концентрації; Z_c – сумарний показник забруднення.

Вміст рухомих форм у техногенно забруднених ґрунтах значно вищий, ніж у ґрунтах фонові території [10]. У результаті геохімічного дослідження визначено валовий вміст мікроелементів у ґрунтах ділянки й обчислено коефіцієнти небезпеки й концентрації, а також показник сумарного забруднення (табл. 3). Середній вміст ВМ у ґрунті зони впливу комбінату перевищує фонові значення і ГДК (гранично допустиму концентрацію) у тисячі разів.

За коефіцієнтом концентрації виділено геохімічну асоціацію: Cd (1,7·10⁴) >> Pb (203) > Zn (53) > Mn (6,1) (табл. 3). За допомогою значень коефіцієнтів небезпеки виділено таку асоціацію: Cd (1182) > Pb (130) > Zn (52) > Cu (25) Mn (2,4) > Cr (1,6).

За середніми значеннями сумарного показника забруднення $Z_C = 1,7 \cdot 10^4$ ґрунти Костянтинівської ділянки можна віднести до надзвичайно небезпечної категорії забруднення, що зумовлює розвиток катастрофічної екологічної ситуації.

Висновки. За результатами досліджень, проведених у межах Костянтинівської ділянки, встановлено, що основне джерело потрапляння важких металів у навколишнє середовище – комбінат «Свинець». Встановлено, що ВМ у ґрунтах зони впливу металургійного комбінату знаходяться в основному в залишковій, сорбованій на гідроксидах та пов'язаній із органікою формах, а частка рухомої форми становить $\approx 16\%$. Показано, що вміст рухомих форм ВМ у техногенно забруднених ґрунтах значно вищий, ніж у ґрунтах умовно чистих територій. За еколого-геохімічними показниками визначено рівень забруднення ґрунтів: за показником сумарного забруднення екологічну ситуацію в зоні впливу Костянтинівського свинцево-цинкового комбінату визнано як катастрофічну.

Бібліографічні посилання

1. Analytical sample preparation scheme of rocks and minerals and trace elements determination in them by mass spectrometry with inductively coupled plasma [Text] / A. I. Samchuk [et al.] // Mineral mag. – 2008. – № 4. – P. 97 – 103.
2. **Androsova, N.K.** Geological and Environmental studies and mapping [Text] / N.K. Androsova. – M.: RUDN, 2000. – 98 p.
3. **Ashraf, M.A.** Chemical Speciation and Potential Mobility of Heavy Metals in the Soil of Former Tin Mining Catchment [Electronic resource] / M.A. Ashraf, M.J. Maah, I. Yusoff. – Access mode: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3330713/ – Title from the screen.
4. **Baran, A.** Chemical properties and toxicity of soils contaminated by mining activity [Text] / A. Baran, T.Czech, J.Wieczorek // Ecotoxicology. – 2014. – № 23 (7). – P. 1234 – 1244.
5. **Chunjie, C.** Distribution and pollution of soil heavy metals upland around Pindingshan coal mining area [Text] / C. Chunjie, Z. Jinfeng // Geographical Research. 2014. – 33 (7). – P. 1383 – 1392.
6. Combined pollution of heavy metals and PAHs and its risk assessment in industrial sites of Chenzhou city [Text] / Zhu Gang-hui [et al.] // Geographical Research. – 2012. – № 31(5). – P. 831–839.
7. Distribuyion Pattern of Some Heavy Metals in the Soil of Silghat Region of Assam (India), Influenced by Jute Mill Solid Waste [Text] / Pronil Kumar Bora [et al.] // J. of Chemistry. – 2013. – Vol.7. – P. 812–820.
8. Dynamical variation and improvement strategies of urban agricultural development at the country level [Text] / D. Wang [et al.] // Geographical Research. – 2014. – Vol. 33. – № 9. – P. 1706–1715.
9. Ecotoxicological and microbiological characterization of soils from heavy metal and hydrocarbon contaminated sites [Text] / G. Plaza [et al.] // Environmental Monitoring and Assessment. – 2010. – № 163. – P.477 – 488.
10. Forms and migration of Cadmium in soil and soil solution technologically contaminated areas for exaple Pobuzke ferronickel plant [Text] / A.V. Yakovenko [et al.] // Zb. nauk. prac' UkrNDMI NAN Ukraine. – D., 2011. – P. 416 – 428.

11. Fraction distribution and risk assessment of heavy metals in stream sediments from a typical nonferrous metals mining city [Electronic resource] / RZ Li [et al.]. – Access mode: www.ncbi.nlm.nih.gov/m/pubmed/23745416/ – Title from the screen.
12. Heavy metal pollution and migration in soil-wheay system of different livestock manures agricultural areas [Text] / Y. Bixiong [et al.] // *Geographical Research*. – 2013. – № 32 (4). – P. 645–652.
13. **Ji, W.** The advances in research on heavy metals of the surface dust in urban areas [Text] / W. Ji, Zh. Yi-xiu, G. Xiang // *Geographical Research*. – 2012. – № 31(5). – P. 821–830.
14. **Kuznezov, V. A.** Stepwise method extractsa in geochemical studies [Text] / V.A. Kuznezov, G.A. Shimko. – M.: Science and technology, 1990. – 65 p.
15. **Lee, Ch.-Sh.** Distribution of Forms of Heavy Metals in Soils Contaminated by Metallurgical Smelter Emissions [Electronic resource] / Ch.-Sh. Lee, M.-M. Kao. – Access mode: www.pubfacts.com/detail/15055927/Distribution-of-forms-of-heavy-metals-in-soils-contaminated-by-metallurgical-smelter-emissions – Title from the screen.
16. Multiple Exposure And Effects assessment of Heavy Metals in the Population near Mining Area in South China [Electronic resource] / P. Zhuang [et al.]. – Access mode: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3984172/ – Title from the screen.
17. Particle size distribution and health risk assessment of heavy metals in surface dust of Wuhu urban area [Text] / Fang Feng-man, Jiang Bing-yan, Wang Hai-dong, Xie Hong-fang // *Geographical Research*. – 2010. – № 29(7). – P. 1193 – 1202.
18. Physico-chemical conditions of forms of toxic metals [Text] / A.I. Samchuk [et al.] // *Mineral mag.* – 1998. – № 2. – P. 48 – 59.
19. **Saet, Y.E.** Environmental Geochemistry [Text] / Y.E. Saetm, B.A. Revich. – M.: Nedra, 1990. – 335 p.
20. The Influence of soil solution properties on phytotoxicity of soil soluble copper in a wide range of soils [Text] / X. Zhang [et al.] // *Geoderma*. – 2013. – № 2. – P. 112 – 211.

Надійшла до редколегії 25.02.2015

Зміст

Біда С.В., Куц О.В. Вплив потоків ґрунтових вод на зміну характеристик міцності лесового ґрунту.....	3
Богаченко Л.Д., Осадча Л.І., Прокопенко Т.Д., Сібуль Т.В. Моніторинг земель та стану геологічного середовища балки Євпаторійської в м. Дніпропетровськ.....	17
Dudchenko N. O., Ponomar V. P. Phase transformation of goethite into magnetite by reducing with carbohydrates.....	24
Евграшкина Г.П., Калинкина О.Е. Математические модели изменения гидрогеологических условий в зоне влияния шахтного водоотлива.....	33
Жолудев С. В. Дослідження параметрів підземних вод на територіях високотемпературних промислових підприємств.....	38
Жолудев С. В. Оцінка можливості використання підземних вод зони термічного впливу промислових підприємств.....	50
Іванченко В.В., Беліцька М.В., Гаврилюк І.В. Літологія та можливості комплексного використання сучасного алювію Дніпра.....	56
Кураева И.В., Кроик А.А., Мусич Е.Г., Войтюк Ю.Ю., Матвиенко А.В. Биогеохимические особенности техногенного загрязнения почв под влиянием предприятий химической промышленности.....	65
Manyuk V.V. Geological Heritage and Geoscience education in Ukraine.....	75
Матвеев А. В. Особенности распространения известкового нанопланктона в кампане юга Восточно-Европейской платформы.....	83
Мокрицкая Т.П. О методике прогноза деградации просадочных свойств ґрунтов.....	90
Самойлич К.А. Новейшие данные о свойствах лессов в условиях естественного залегания (г. Днепропетровск).....	95
Samoilova Kh. M., Samoilich D. O., Manyuk V.V. Geodiversity: new category in the development of the Nature Reserve Lands of Ukraine.....	104

Сизенко О.В. Метризація ландшафтної різноманітності Павлисько-Верхньодніпровського фізико-географічного району в межах Дніпропетровщини.....	108
Стефанская Т. А. Спонгиофоссилии верхнеэоценовых отложений Среднего Приднепровья (съемочный лист «Кобеляки»).....	114
Стефанский В.Л. Палеогеографические и литолого-фациальные особенности формирования мандрыковских слоев верхнего эоцена Украины (г. Днепропетровск).....	125
Удалов И. В. Формы нахождения микроэлементов в каменных углях и антрацитах Северо-восточного Донбасса вблизи ртутно-рудных тел.....	137
Шерстюк Н.П. Оцінка міграційних властивостей мікроелементів у воді рр. Саксагань та Інгулець.....	144
Яковенко О.В., Кураєва І.В., Кроїк Г.А, Злобіна К.С. Геохімічні особливості розподілу важких металів у ґрунтах зони впливу підприємств кольорової металургії.....	152

Contents

Bida S.V, Kuts O.V. The influence of groundwater flow effect on changes of loess soil strength characteristics.....	3
Bogachenko L.D., Osadcha L.I., Prokopenko T.D., Sibul T.V. Monitoring of the land and geological environment condition in the Eupatorijska arroyo (Dnipropetrovsk).....	17
Dudchenko N.O., Ponomar V.P. Phase transformation of goethite into magnetite by reducing with carbohydrates.....	24
Yevgrashkina G.P., Kalinkina O.E. Mathematical models of change hydrogeological conditions in the zone of influence of water drainage.....	33
Zholudev S.V. Research of subsoil water parameters on industrial enterprises territories with high temperature	38
Zholudev S.V. The possibility estimation of the thermal underwater affected by industrial enterprises for using.....	50
Ivanchenko V.V., Belitska M.V., Gavriliuk I.V. Litology and possibilities of comprehensive using modern alluvium Dnieper river.....	56
Kuraeva I.V., Kroik A.A., Musich E.G., Voitiuk Iu.Iu., Matvienko A.V. Biogeochemical features technogenic pollution of soils under the influence chemical industry.....	65
Manyuk V.V. Geological Heritage and Geoscience education in Ukraine.....	75

Matveev A.V. Distribution of calciferous nannoplankton in the Campanian of South east European platform.....	83
Mokritskaya T.P. On the method of forecasting degradation subsiding soil properties.....	90
Samoilych K.O. The newest data on the properties of loess in the conditions of natural occurrence (Dnepropetrovsk).....	95
Samoilova Kh.M., Samoilich D.O., Manyuk V.V. Geodiversity: new category in the development of the Nature Reserve Lands of Ukraine.....	104
Syzenko O.V. Metrication of landscape diversity of the Pavlysh-Verkhnodniprovsk physiographic region	108
Stephanska T. A. Sponge fossils of Middle Dnieper River Upper Eocenian deposits (geological survey sheet area «Kobelyaki»).....	114
Stefanskyi V.L. The paleogeographic, lithological and facial peculiarities of Mandrykovska Strata formation in Dnipropetrovsk (Upper Eocene, Ukraine)..	125
Udalov I.V. Forms of occurrence of trace elements in coals and anthracite North-east Donbass near mercury ledge.....	137
Sherstyuk N.P. Evaluation of migration propertiesmicroelements in rivers water Saksahan and Inhulets.....	144
Yakovenko A.V., Kuraeva I.V., Kroik G.A., Zlobina K.S. Geochemical features of heavy metals distribution in soils under the influence of the non-ferrous metallurgy enterprises.....	152

«Вісник Дніпропетровського університету. Геологія, географія» у науково-педагогічній діяльності геолого-географічного факультету

Датою заснування геолого-географічного факультету вважається 1918 рік, коли в Катеринославському університеті була створена кафедра мінералогії. В 1933 році до університету, який отримав статус Дніпропетровського державного, входив геологічний факультет з восьми кафедр та науково-дослідного інституту геології. У теперішній час він є складовою частиною геокомплексу. Створене у 1937 році географічне відділення у тому ж році об'єднали з геологічним у геолого-географічний факультет. Факультет існував до 1959 року. У 1977 році на основі ефективної наукової діяльності відділу підземної гідродинаміки (завідувач, к.т.н. В.К. Рудаков) та за ініціативою директора НДІ геології, проректора з наукової роботи, професора М.Ф. Носовського було відкрито геологічне відділення зі спеціальності «Гідрогеологія» при хімічному факультеті ДДУ. До складу відділення надійшли дві кафедри: геології, гідрогеології та інженерної геології. У 1986 році було відкрито кафедру географії. У 1991 році створена перша в ДДУ кафедра екології та раціонального природокористування. Становлення і розвиток факультету логічно вимагали власного друкованого наукового видання, яким став «Вісник Дніпропетровського університету. Геологія, географія», перший номер його вийшов у 1993 році. Відтоді, збірник наукових праць виходить з періодичністю раз на рік і містить результати наукових досліджень в галузі геології, гідрогеології, інженерної геології та географії. У 2003 році рішенням ДАК України збірник включено до переліку фахових видань в галузі науки «Геологія».

У Віснику публікуються оригінальні матеріали з актуальних питань регіональної і структурної геології, геотектоніки, геології родовищ корисних копалин, палеонтології, стратиграфії, гідрогеології і інженерної геології, геохімії, геофізики, петрографії та мінералогії, геохімії, екології, фізичної, економічної та соціальної географії, геоморфології, палеогеографії, історії науки тощо. Висвітлюються також проблеми розвитку геотуризму, оцінки і збереження об'єктів геологічної спадщини, створення в Україні геопарків.

Матеріали Вісника призначені для викладачів, наукових співробітників, працівників виробничих організацій, аспірантів і студентів, які спеціалізуються у відповідних або суміжних галузях науки.

Важливим кроком, спрямованим на підвищення наукового рівня Вісника і входження його в міжнародні наукометричні бази, стало створення у 2014 році власного електронного ресурсу Вісника у видавничій системі OJS (Open Journals System). На сайті Вісника <http://geology-dnu.dp.ua> розміщується інформація українською, англійською і російською мовами.

Статті для публікації у Віснику можна надсилати відповідними мовами безпосередньо на сайт, або на електронну пошту відповідального

секретаря Манюка В.В. (manuk-geo@mail.ru) за вимогами, встановленими для міжнародних видань та розміщеними на сайті.

«Вісник ДНУ. Геологія, Географія» включено до наступних баз даних:

1. Open Academic Journal System (OAJIS)
2. Citefactor
3. Vsenauki.ru
4. Sciary
5. Cyberleninka

Інформацію про них можна знайти на відповідних сайтах та сайті нашого Вісника. Кожній статті присвоюється індивідуальний міжнародний цифровий ідентифікатор (doi), що дозволяє ідентифікувати статтю у будь-якій наукометричній базі та у будь-якому інтернет-ресурсі.

Запрошуємо авторів до публікації результатів наукових досліджень у фаховому науковому журналі «Вісник Дніпропетровського університету. Геологія, географія»

Наукове видання

ВІСНИК ДНІПРОПЕТРОВСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ.

Серія: геологія, географія.

Заснований у 1993 р.

Випуск 17

Том 23 (1)

Українською, англійською та російською мовами

Свідоцтво державної реєстрації серія КВ № 21286-11086

Редактор Л.В. Дмитренко

Коректор О.Ф. Хрушова

Оригінал – макет К.О. Самойлич

Підписано до друку 18.09.2015. Формат 70x108 ¹/₁₆. Папір друкарський. Друк плоский. Ум. друк. арк.
Ум. фарбовідб. Обл. – вид. Тираж 100 пр. Зам. №

РВВ ДНУ, просп. Гагаріна, 72, м. Дніпропетровськ, 49010.
ПП «Ліра ЛТД», вул. Погребняка, 25, м. Дніпропетровськ, 49010.
Свідотство про внесення до Державного реєстру серія ДК №188,
від 19.09. 2000 р. Фактична адреса: вул. Наукова,5.