

УДК 551.464.3:552.5

## ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДОННИХ ОСАДКІВ СОФІЇВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

© Альохіна Т. М.

У статті наведені результати досліджень донних осадків замикаючого водосховища на річці Інгул - Софіївського. Визначено, що важливим фактором седиментаційної диференціації хімічних сполук досліджуваного водосховища є фаціальний фактор. Переважання на окремих, особливо пригребельних, ділянках вмісту  $FeO$  над  $Fe_2O_3$  свідчить про зміну окисних умов на відновні та обумовлюється антропогенним фактором.

Ключові слова: гідроекосистема, седиментогенез, антропогенний вплив, окисно-відновні умови, фаціальний фактор.

*Results of chemical composition investigation of Sophiivske reservoir bottom sediments located on the Ingul River is presented in this article. It is determined that the most significant factor of chemical compounds differential sedimentation is facies factor that reflects the impact of geomorphic parameters and hydrological characteristics of the reservoir. The prevalence in selected, especially near-damp plot,  $FeO$  content above  $Fe_2O_3$  content indicates a change in oxidation conditions for recovery and driven by anthropogenic factors.*

*Keywords: hydroecosystem, sedimentogenesis, anthropogenic influence, redox conditions, facial factor.*

### 1. Вступ

Донні осадки – це наноси та тверді частинки, які утворилися й осіли на дно водного об'єкту в результаті внутрішніх фізико-хімічних та біохімічних процесів, які відбуваються з речовинами як природного, так і техногенного походження і є невід'ємною частиною водних екосистем. Існує прямий зв'язок між джерелами матеріалу, що накопичується шляхом осадження (седиментогенезу) та процесами, що відбуваються на водозборі та у водоймі, морфологією чаші водойми, його гідрологічним режимом та антропогенною діяльністю. Седиментація матеріалу у водосховищах – це детермінований самозрегульований динамічний процес [1].

Останнім часом донні осадки все частіше використовують у якості індикаторів для визначення: стану гідроекосистеми, інтенсивності та масштабів техногенного забруднення ландшафтів, мінерального і петрографічного складу поширених на водозбірній площі порід. Функції донного осадку різноманітні, проте, однією із найважливіших функцій залишається знешкодження та/або перетворення до стану нешкідливих для людини, продуктів антропогенної діяльності [2].

### 2. Об'єкт, матеріал та методика дослідження

Об'єкт дослідження – Софіївське водосховище побудоване на р. Інгул в Новобузькому районі Миколаївської області в 1968 р. Водосховище руслового типу, найбільше за об'ємом та замикаюче у каскаді водосховищ на р. Інгул (рис.1). Акваторія

Софіївського водосховища, у якості гідрологічного заказника (417 га), та територія по його берегах входять до складу Регіонального ландшафтного парку (РЛП) «Приінгульський».

Об'єм водосховища при нормальному підпертому рівні (НПР) складає 36,0 млн. м<sup>3</sup>, площа водного дзеркала – 470 га, середня глибина – 7,7 м. Площа водозбору становить 6100 км<sup>2</sup>. Водоймище використовується здебільшого для питного водопостачання. Вибір місць та точок відбору проб донних осадків здійснювався згідно методики, викладеної у [3]. На Софіївському водосховищі було закладено 4 поперечні профілі. Відібрані проби після висушування піддавалися усередненню по точкам відбору. Робота виконана на основі аналізу 29 проб, відібраних з верхнього шару осадку (0,1–0,65 м) у профілях, які перетинали водосховище в різних його ділянках від верхів'я до греблі (див.рис.1). Аналіз проводився за стандартними методиками [3]. Було досліджено: гранулометричний склад донних осадків, питому щільність, вміст водорозчинних солей, хімічний склад: вміст загального заліза ( $Fe_{\text{заг.}}$ ),  $Fe_2O_3$ ,  $FeO$ ,  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $TiO_2$ ,  $MnO$ ,  $MgO$ ,  $CaO$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ,  $P_2O_5$  та витрати при пропалюванні (ВПП), тощо. При статистичній обробці даних використовувався кореляційний аналіз.

**Мета дослідження** – вивчити еколого-геохімічний стан донних осадків Софіївського водосховища та визначити роль природних і антропогенних факторів їх формування.



Рис. 1. Карта-схема Софіївського водосховища на р. Інгул та профілі відбору проб.

**3. Результати дослідження та обговорення**

Верхня частина перерізу донних осадків Софіївського водосховища має певні особливості: в прибережних місцях і на мілководді донні осадки представлені переважно алевритовими пісками і алевритами; на глибинах від 2,5 до 12 м – глинисто-карбонатно-кварцові з домішкою перевідкладеного чорнозему пеліти (табл. 1). Гранулометричний склад донних осадків Софіївського водосховища свідчить про чітку диференціацію осадку за фаціальними ознаками на прибережну мілководну та глибоководну притальвегову. Так, доля пелітової фракції (<0,05) у прибережній зоні коливається від 1,2 % до 36,84 %, тоді як у глибоководній частині ці коливання становлять 93,67–97,98 %. Також можна відзначити, що із наближенням до греблі та уповільненням течії розподіл осадку за фракціями дещо вирівнюється, тобто згладжуються фаціальні

розбіжності, однак принципових відмінностей у розподілі донних осадків за гранулометричними класами у профілях не виявлено.

Результати дослідження питомої щільності донних осадків Софіївського водосховища свідчать, що вона змінюється в діапазоні від 2,23 до 2,53 г/см<sup>3</sup>. Причому у найглибших точках відбору проб питома щільність в середньому на 10% нижча ніж біля берегу.

Вміст водорозчинних солей зазвичай відображає сорбційну здатність донних осадків, яка у свою чергу залежить від гранулометричного складу. Проби відібрані із Софіївського водосховища не стали виключенням. Так, коливання даного показника нами визначалося в межах 0,11- 0,95 (% у 100 г сухої проби). Причому найменші показники вмісту водорозчинних солей відповідали пробам з прибережного мілководдя, а найбільші значення з глибоководних точок відбору проб.

Таблиця 1

Класифікація донного осадку за розміром

| Місце відбору проби | Глибина відбору проби, м | Гранулометричні фракції, % |                     |                         |                    |
|---------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------|-------------------------|--------------------|
|                     |                          | Псефіти, (>2 мм)           | Псаміти, (2-0,1 мм) | Алеврити, (0,1-0,05 мм) | Пеліти, (<0,05 мм) |
| Профіль I           |                          |                            |                     |                         |                    |
| Точка 1*            | 2,5                      | 32,29                      | 48,29               | 4,01                    | 15,40              |
| Точка 2             | 8,0                      | 1,59                       | 0,43                | 0                       | 97,98              |
| Точка 3             | 5,9                      | 37,05                      | 24,21               | 5,53                    | 33,21              |
| Точка 4             | уріз води правий беріг   | 61,62                      | 23,65               | 0,68                    | 14,05              |
| Точка 5*            | уріз води лівий беріг    | 70,71                      | 28,08               | 0                       | 1,20               |
| Профіль II          |                          |                            |                     |                         |                    |
| Точка 1             | 2,5                      | 12,13                      | 79,48               | 2,83                    | 5,55               |
| Точка 2             | 7,5                      | 0,37                       | 2,63                | 0                       | 97,0               |
| Точка 3*            | 10                       | 0,25                       | 5,61                | 0,47                    | 93,67              |
| Точка 4             | 4                        | 24,55                      | 61,62               | 1,52                    | 12,31              |

Продовження таблиці 1

|             |                        |       |       |      |       |
|-------------|------------------------|-------|-------|------|-------|
| Точка 5     | уріз води правий беріг | 32,39 | 29,23 | 1,54 | 36,84 |
| Точка 6*    | уріз води лівий беріг  | 4,96  | 64,34 | 2,11 | 28,59 |
| Профіль III |                        |       |       |      |       |
| Точка 1*    | 8                      | 0     | 12,44 | 0    | 87,56 |
| Точка 2     | 12                     | 0     | 2,95  | 1,11 | 95,95 |
| Точка 3     | 4                      | 6,49  | 79,51 | 2,13 | 11,87 |
| Точка 4     | уріз води правий беріг | 1,65  | 61,18 | 2,90 | 34,28 |
| Точка 5     | уріз води лівий беріг  | 32,87 | 63,81 | 0    | 3,32  |
| Профіль IV  |                        |       |       |      |       |
| Точка 1     | 8                      | 1,26  | 61,40 | 0    | 37,34 |
| Точка 2     | 12                     | 0     | 5,74  | 0,32 | 93,94 |
| Точка 3*    | 5                      | 5,22  | 75,05 | 1,07 | 18,66 |
| Точка 4     | 1                      | 6,09  | 84,91 | 1,05 | 7,95  |
| Точка 5     | уріз води правий беріг | 3,95  | 64,85 | 2,0  | 29,20 |
| Точка 6*    | уріз води лівий беріг  | 4,77  | 74,77 | 2,37 | 18,09 |

\* – об'єднанні проби

За результатами дослідження хімічного аналізу проб визначено, що донні осадки складаються переважно з SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> та CaO. Інші компоненти утворюють незначну частину осадку (табл. 2).

Визначені компоненти характеризуються нормальним розподілом. За варіативністю досліджувані показники формують наступний ряд: MgO > ВПП > MnO > CaO > TiO > FeO > Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> > Na<sub>2</sub>O > Fe<sub>заг.</sub> > P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> > Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> > K<sub>2</sub>O > SiO<sub>2</sub>.

Задля аналізу отриманих даних нами були розраховані парні коефіцієнти кореляції.

У полях кореляції пар хімічних сполук диференціація осадку відображається детальніше (табл. 3).

Таблиця 2

Результати хімічних аналізів донних осадків Софіївського водосховища

| Показники                      | Кількість вимірювань, n | Діапазон коливань значень показників, % | M±m         |
|--------------------------------|-------------------------|---|-------------|
| Fe <sub>заг.</sub>             | 29                      | 0,60-3,50                               | 1,92±0,91   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 29                      | 0,30-2,10                               | 0,92±0,60   |
| FeO                            | 29                      | 0,40-3,05                               | 1,73±0,75   |
| SiO <sub>2</sub>               | 29                      | 33,92-84,68                             | 68,33±15,99 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 29                      | 3,01-11,57                              | 8,19±2,38   |
| TiO <sub>2</sub>               | 29                      | 0,08-0,68                               | 0,33±0,13   |
| MnO                            | 29                      | 0,01-0,13                               | 0,48±0,35   |
| MgO                            | 29                      | 0,14-2,13                               | 1,02±0,57   |
| CaO                            | 29                      | 2,16-23,00                              | 6,39±5,52   |
| Na <sub>2</sub> O              | 29                      | 0,37-2,29                               | 1,03±0,62   |
| K <sub>2</sub> O               | 29                      | 0,76-1,94                               | 1,45±0,35   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 29                      | 0,07-0,37                               | 0,17±0,09   |
| ВПП                            | 29                      | 2,13-27,59                              | 10,05±7,97  |
| S <sup>2-</sup>                | 22                      | 0,00-0,14                               | 0,03±0,04   |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>  | 22                      | 0,02-0,43                               | 0,09±0,12   |
| Cl                             | 22                      | 0,04-0,14                               | 0,07±0,03   |
| S <sub>заг.</sub>              | 22                      | 0,01-0,56                               | 0,11±0,13   |

Таблиця 3

Парні коефіцієнти кореляції показників хімічного складу

|                                | Fe <sub>заг.</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO   | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | MnO   | CaO  | MgO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | ВПП |
|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|-------|------------------|--------------------------------|------------------|-------|------|------|-------------------|------------------|-------------------------------|-----|
| Fe <sub>заг.</sub>             | 1                  | -                              | -     | -                | -                              | -                | -     | -    | -    | -                 | -                | -                             | -   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,93               | 1                              | -     | -                | -                              | -                | -     | -    | -    | -                 | -                | -                             | -   |
| FeO                            | 0,91               | 0,70                           | 1     | -                | -                              | -                | -     | -    | -    | -                 | -                | -                             | -   |
| SiO <sub>2</sub>               | -0,83              | -0,62                          | -0,93 | 1                | -                              | -                | -     | -    | -    | -                 | -                | -                             | -   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,70               | 0,70                           | 0,58  | -0,58            | 1                              | -                | -     | -    | -    | -                 | -                | -                             | -   |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,83               | 0,79                           | 0,74  | -0,61            | 0,42                           | 1                | -     | -    | -    | -                 | -                | -                             | -   |
| MnO                            | 0,79               | 0,60                           | 0,88  | -0,83            | 0,46                           | 0,59             | 1     | -    | -    | -                 | -                | -                             | -   |
| CaO                            | 0,61               | 0,36                           | 0,78  | -0,9             | 0,28                           | 0,36             | 0,76  | 1    | -    | -                 | -                | -                             | -   |
| MgO                            | 0,96               | 0,84                           | 0,94  | -0,87            | 0,65                           | 0,84             | 0,82  | 0,67 | 1    | -                 | -                | -                             | -   |
| Na <sub>2</sub> O              | -0,47              | -0,34                          | -0,55 | 0,40             | 0,22                           | -0,62            | -0,52 | -0,5 | -0,5 | 1                 | -                | -                             | -   |
| K <sub>2</sub> O               | 0,62               | 0,68                           | 0,45  | -0,44            | 0,91                           | 0,40             | 0,33  | 0,13 | 0,58 | 0,28              | 1                | -                             | -   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,86               | 0,67                           | 0,93  | -0,96            | 0,66                           | 0,59             | 0,83  | 0,13 | 0,88 | 0,36              | 0,51             | 1                             | -   |
| ВПП                            | 0,82               | 0,59                           | 0,95  | -0,98            | 0,47                           | 0,62             | 0,87  | 0,93 | 0,87 | -0,57             | 0,31             | 0,93                          | 1   |

Чітка позитивна кореляція між FeO і Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> з коефіцієнтом  $r=0,7$  відображає входження їх до складу одного мінералу – магнетиту. Привертає увагу високий позитивний коефіцієнт кореляції (0,93) між P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> та ВПП, та водночас високий від'ємний коефіцієнт кореляції цього показника із вмістом SiO<sub>2</sub> (-0,98). Такі дані свідчать на користь тези про біогенну природу фосфору у осадах. Найбільшу увагу привертає різниця у коефіцієнтах кореляції Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> та FeO із ВПП, яка становить понад 1,5 рази. Так, коефіцієнт кореляції пари ВПП – Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> становить 0,59, тоді як пари ВПП – FeO становить 0,95. Даний факт свідчить про формування відновних умов вже у верхньому шарі донних осадків. Це явище можна використовувати як специфічний показник для виділення застійних ділянок водосховища та, за їх кількістю, оцінювати екологічний стан водойми.

Інші, на перший погляд, різноспрямовані кореляційні залежності між хімічними компонентами, на нашу думку, відображають надходження певних хімічних елементів до річкового алювію у складі мінералів, що відрізняються між собою за морфологією, фізичними та хімічними властивостями. Саме ці ознаки найбільш суттєво впливають на процеси седиментаційної диференціації в чаші водосховища. Крім того, у осадку та з наближенням до греблі формуються відновні умови та починають діяти процеси аутигенного мінералоутворення. Процеси раннього діагенезу приурочені до місць накопичення органічних, в основному рослинних, решток, продукти розпаду яких активно каталізують зміни хімічного складу осадку [4].

#### 4. Висновки

Антропогенне переформування просторової послідовності гідросистем поступово, але невпинно призводить до появи нових явищ та перетворює природні екосистеми у техногенні. Так, уповільнення течії на ділянці водосховища, внаслідок антропогенного регулювання руху води, призводить до відсутніх змін у гідроекосистемі, що «документується» станом донних осадків.

Гранулометричний склад донних осадків Софіївського водосховища визначив седиментаційну диференціацію осадку за фаціальними ознаками.

Більшість хімічних сполук донних осадків Софіївського водосховища утворюють стійкі зв'язки

(позитивні та негативні), які в цілому пояснюються дією природних і антропогенних чинників. Найбільш значущим фактором седиментаційної диференціації хімічних сполук можна вважати фаціальний фактор, який відображає вплив геоморфологічних параметрів та гідрологічних особливостей водосховища. Також має місце зміна середовища седиментогенезу з окислювального на відновне на пригребельних ділянках водосховища, що обумовлюється уповільненням течії.

#### Література

1. Прыткова, М. Я. Географические закономерности осадконакопления в малых водохранилищах [Текст] / М. Я. Прыткова. – Ленинград: Наука, 1986. – 88 с.
2. Малахов, І. М. Методологічні питання трансформації геологічного середовища у гірничовидобувних регіонах [Текст] / І. М. Малахов, Т. М. Альохіна, А. О. Бобко, В. В. Іванченко. – Кривий Ріг: Октан-принт, 2011. – 170 с.
3. Малахов, І. М. Літологія сучасних донних осадків поверхневих водойм Криворізького залізрудного басейну [Текст] / І. М. Малахов, Т. М. Альохіна, А. О. Бобко, В. В. Іванченко, М. Є. Агаджанов. – Кривий Ріг: Октан-принт, 2008. – 110 с.
4. Іванченко, В. В. Мінералого-геохімічна характеристика сучасного осадку Софіївського водосховища на р.Інгул [Текст] : Мат. VII міжн. наук.-практ. конф./ В. В. Іванченко, Т. М. Альохіна // Проблеми теоретичної і прикладної мінералогії, геології, металогенії гірничодобувних регіонів. Кривий Ріг, 2010.– С. 71–75.

#### References

1. Pritkova, M. Y. (1986). Geographic patterns of sedimentation in small reservoirs. Leningrad, USSR: Science, 88.
2. Malakhov, I. M., Alohkina T. M., Bobko A. O., Ivanchenko, V. V. (2011). Methodological issues of studying the transformation of the geological environment in mining areas, 170.
3. Malakhov, I. M., Alohkina, T. M., Bobko, A. O., Ivanchenko, V. V., Agadganov, M. E. (2008). Lithology modern bottom sediments of surface waters of the Kriviy Rig iron ore basin, 110.
4. Ivanchenko, V. V., Alohkina, T. M. (2010). Mineralogical and geochemical characteristics of the modern sediment of Sophiivske reservoir on the Ingul River. Proceedings of the VII international conference: Problems of theoretical and applied mineralogy, geology, metallogeny of mining regions, 71–75.

*Рекомендовано до публікації д-р. геол.-мінерал. наук, проф., акад. НАН України Шнюковим С. Ф.  
Дата надходження рукопису 25.08.2014*

**Альохіна Тетяна Миколаївна**, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, Криворізький відділ проблем екологічної геології та розробки рудних родовищ, Відділення морської геології та осадочного рудоутворення НАН України, 01030, м. Київ, вул. Олеся Гончара, 55/б.  
E-mail: Alohkina@gmail.com