

НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ КУЛЬТУРИ МОЛОДІ В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Олександр МУДРАК¹, Олена МАЛЯР¹, Галина МУДРАК², Тетяна МОРОЗОВА³

¹КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти»

²Вінницький національний аграрний університет

³Державна наукова установа «Інститут екологічного відновлення та розвитку України»

ov_mudrak@ukr.net,

malyar.o@academia.vn.ua,

galina170971@ukr.net,

tetiana.morozova@ukr.net

Анотація

Мета статті полягає в обґрунтуванні науково-методичних підходів до розвитку екологічної культури молоді в контексті сталого розвитку як пріоритетного чинника успішного розв'язання сучасних екологічних проблем. **Методологія** дослідження ґрунтується на формуванні екологічної культури особистості на основі еколого-педагогічних концепцій взаємозв'язку природи, людини і суспільства, а також на психологічних теоріях, що акцентують значення діяльності у становленні особистості. Вони охоплюють теоретичні засади екологічної освіти і виховання, концепції проблемно-розвивального підходу та компетентнісного навчання особистості.

Наукова новизна полягає у комплексному системному аналізі суті розвитку екологічної культури молоді, як багаторівневого феномена, що включає еволюційний і екологічно-поведінковий аспект (культура екологічної діяльності, екологічні ціннісні орієнтири).

Висновки

Розвиток екологічної культури молоді є важливим чинником гармонізації відносин між людиною, суспільством і природою.

Екологічна культура молоді формується під впливом природного середовища, соціальних норм, традицій і освітніх процесів, відіграючи важливу роль у становленні екологічної свідомості, відповідальності та компетентності особистості.

Формування екологічної культури у молоді можливе лише за умови комплексної взаємодії освітніх, правових, економічних і культурних механізмів, що сприятимуть вихованню екологічно свідомого, соціально відповідального та компетентного покоління.

Ключові слова: екологічна культура, молодь, бехівіористична екологія, екологічна освіта, природа.

SCIENTIFIC AND OBJECTIVE BASES OF FORMING YOUTH'S ECOLOGICAL CULTURE IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Oleksandr MUDRAK¹, Olena MALIAR¹,
Galina MUDRAK², Tetyana MOROZOVA³

¹Public Higher Educational Establishment
«Vinnytsia Academy of Continuing Education»

²Vinnytsia National Agrarian University

³State Scientific Institution «Institute of Ecological
Restoration and Development of Ukraine»

Abstract

The purpose of the article is to determine and substantiate theoretical and methodological approaches to the development of environmental culture of youth in the context of sustainable development as a factor in the successful solution of modern environmental problems. The research methodology for the development and formation of an individual's environmental culture is based on eco-pedagogical concepts of the interconnection between nature, humans, and society, as well as on psychological theories that emphasize the role of activity in personality development. They cover the theoretical foundations of environmental education and upbringing, the concepts of a problem-developmental approach and competence training of the individual. The scientific novelty lies in a comprehensive systematic analysis of the essence of the development of the ecological culture of young people, as a multi-level phenomenon that includes evolutionary and ecological-behavioral aspects (culture of environmental activity, environmental value guidelines).

Conclusions

The development of ecological culture of young people is an important factor in harmonizing relations between man, society and nature. The environmental culture of young people is shaped by the influence of the natural environment, social norms,

traditions, and educational processes, playing a crucial role in the formation of environmental awareness, responsibility, and personal competence. The formation of environmental culture in young people is possible only under the condition of comprehensive interaction between educational, legal, economic, and cultural mechanisms that contribute to fostering an environmentally conscious, socially responsible, and competent generation.

Key words: environmental culture, young people, behavioral ecology, environmental education, nature.

Актуальність теми

В Україні, як і в інших країнах, екологічні проблеми, такі як забруднення повітря і води, нерациональне використання природних ресурсів, деградація ґрунтів і зміни клімату, загрожують економічному та соціальному добробуту. Одним із важливих чинників подолання цих викликів є формування екологічної культури особистості, зокрема молоді, яка є рушійною силою майбутніх трансформацій. Молодь є ключовою соціальною групою, оскільки саме вона формує майбутній інтелектуальний та професійний потенціал держави. У юнацькому віці закладаються життєві цінності, звички та поведінкові моделі, які визначатимуть ставлення до екологічних проблем у майбутньому. Водночас, українська молодь часто стикається з браком системної екологічної осві-

ти, низькою поінформованістю про принципи сталого розвитку та недостатньою мотивацією до екологічно відповідальної поведінки.

Формування екологічної культури у молоді як чинника сталого розвитку є необхідною умовою для інтеграції України до європейських екологічних стандартів, розвитку «зеленої» економіки та досягнення екологічної безпеки.

Це питання особливо актуальне в умовах воєнних та післявоєнних викликів, коли екологічна ситуація в країні погіршується через руйнування інфраструктури, забруднення територій і необхідність відновлення природного середовища.

Таким чином, дослідження процесу розвитку екологічної культури молоді в умовах сучасності є актуальним як з наукової, так і з практичної точки зору, оскільки сприяє розробці нових освітньо-екологічних стратегій, активізації молодіжного екологічного руху та підвищенню рівня екологічної відповідальності серед осіб юнацького віку.

Аналіз джерел та останніх досліджень

Дослідження розвитку та формування екологічної культури, екологічної освіти і сталого розвитку активно займаються українські та зарубіжні науковці.

У працях В. М. Бойка, М. І. Михальченко, В. В. Пащенко досліджується соціально-філософський аспект екологічної культури та свідомості в контексті екологічної освіти в закладах вищої освіти. Проблемою взаємозв'язку розвитку екологічної культури молоді та суспільного розвитку займалися такі вчені, як Грінченко Т. М., Яковенко Ю. В., Рідей Н. М., Кучеренко Ю. А., Білявський Г. О., Саєнко Т. В., Тарасенко Г. С., Пустовіт Г. П. та інші.

Дослідженням розвитку і формування екологічної культури молоді описано у працях зарубіжних науковців (Мікелетті С., Брандлаб Є., Мейс Р., Барсбай Т., Лукас Д., Пондорфер А., Собчик В.), які розглядають її контексті еволюційної та біхевіористичної екології [].

У дослідженнях зазначених науковців висвітлюються теоретичні і практичні аспекти становлення та розвитку екологічної культури молоді, а також розглядається її зв'язок з екологічним вихованням і освітою.

Мета дослідження є визначення і обґрунтування науково-методичних підходів до розвитку екологічної культури молоді в контексті сталого розвитку як чинника успішного розв'язання сучасних екологічних проблем.

Виклад основного матеріалу

У сучасній науці екологічна культура розглядається в рамках біхевіористичної екології. Цей напрям досліджує, як вплив навколишнього середовища спричиняє зміни в поведінці тварин і дозволяє порівнювати їх із людською поведінкою (Davies, Krebs, & West, 2012), зосереджуючись на концепції адаптивної фенотипової пластичності. Запропонована структура цієї концепції має кілька аспектів. По-перше, вона окреслює екологічні стани, які слід пов'язати з культурними варіаціями і досліджує у процесі їх реалізації. По-друге, цей підхід сприяє інтеграції різних існуючих пояснень, створюючи основу для розуміння поняття екологічної культури. По-третє, біхевіористична екологія дозволяє поєднати психологічні і екологічні підходи, аналізуючи розвиток і формування екологічної культури як у тварин, так і в людському суспільстві. По-четверте, вона охоплює різні теоретичні підходи до вивчення впливу культур на виховання в суспільстві та змін, які відбувалися в цивілізації впродовж історії [7].

Поняття екологічної культури досліджується не лише в екологічній науці, а й у таких галузях, як психологія, зоологія і генетика. У зв'язку з цим ми представляємо модель, запропоновану закордонними науковцями (Alberto J. C. Micheletti, Eva Brandlab і Ruth Mace), яка пояснює процес формування екологічної культури в контексті поведінкової екології людини та еволюційної психології. У ній розглядається взаємодія трьох еволюційних підходів до аналізу людської поведінки, зокрема культурних особливостей на різних етапах розвитку цивілізації [4].

Поведінкова екологія людини, еволюційна психологія та механізми культурної передачі (позначені зеленим, синім і помаранчевим відповідно) висвітлюють різні еволюційні аспекти поведінки та культури людини. Варто зазначити, що деякі з цих підходів розширюють розуміння механізмів культурної передачі, зокрема її способів і процесів, тоді як інші поглиблюють аналіз



Рисунок 1. Модель розвитку екологічної культури в межах біхевіористичної екології.

еволюційної психології і онтогенезу, залежно від того, як визначається психологічний механізм у контексті екологічної культури [4].

Екологічна культура є широким поняттям, проте в наукових джерелах вона має різну інтерпретації. Загалом її можна визначити як сферу людської діяльності і мислення, що значною мірою впливає на природне існування сучасної цивілізації та її сталий розвиток.

Барсбай Т., Лукас Д. і Пондорфер А. наголошують на взаємозв'язку різних форм екологічної поведінки, що базуються на місцевих традиціях ставлення людини до природи. Вони зазначають, що ці особливості відіграють ключову роль у формуванні екологічної культури. Аналіз учених свідчить про те, що екологічна культура розвивалася під впливом приналежності до певної спільноти та адаптації до її норм і правил [5].

Як зазначає Р. Бойд адаптація людини до місцевої екологічної ситуації є результатом процесу культурної еволюції, в якому культурний відбір сприяв розвитку екологічної культури, оскільки вона була адаптована в конкретному середовищі [6].

Екологічна культура має міждисциплінарний характер і тісно пов'язана з відповідальністю людства за збереження природних ресурсів, що передбачає оцінку наслідків діяльності суспільства. Сучасна наука виокремлює два основні підходи до визначення екологічної культури:

– екологічний підхід (культура екологічної діяльності), який охоплює сукупність досягнень суспільства у сфері збереження і відновлення природного середовища;

– культурологічний підхід (екологічний аспект розвитку культури), що розглядає історично сформовані механізми подолання негативних змін довкілля, спричинених діяльністю людини [3].

Науково-методичну основу дослідження розвитку і формування екологічної культури особистості становлять філософські концепції взаємозв'язку природи, людини і суспільства; психологічні і педагогічні концепції, що підкреслюють роль діяльності у формуванні і розвитку особистості; теорії екологічної освіти і виховання; ідеї особистісно орієнтованого навчання; концепція проблемно-розвивального навчання та компетентнісного підходу в освіті.

Щодо екологічної культури як явища, що формується з народження, І. Алмашій зазначає, що її розвиток можливий лише за умови наявності в індивіда відповідного рівня екологічної культури і свідомості, становлення яких розпочинається в ранньому дитинстві і триває впродовж усього життя [1].

Фундаментальність і універсальність екологічної аксіоматики, а також її антропоцентричний вимір зумовлюють багатоваріантність функцій екологічної культури та розмаїття підходів до

їх класифікації [9]. З огляду на спосіб ціннісного освоєння природи, можна виділити такі функції екологічної культури:

1. Адаптивна функція – відображає здатність людини і суспільства до пристосування в межах екосфери, особливо в умовах порушення структурно-функціональної єдності метасистеми і проявів ірраціональності.

2. Ціннісно-нормативна і регулятивна функція – передбачає переосмислення існуючих систем цінностей, зміну ставлення до природи та формування нормативних засад взаємодії, що відповідають сучасним реаліям і перспективам забезпечення життєдіяльності.

3. Інтегруючо-диференціююча функція – забезпечує виявлення відмінностей і переваг екологічних субкультур, їхню інтеграцію в систему загально визнаних цінностей із збереженням унікальності та автентичності.

4. Комунікативна функція – сприяє координації, інтеграції і консолідації суб'єктів природокористування на основі спільних цінностей, забезпечує передачу значущої інформації між поколіннями та формує історичну ідентичність етносів.

5. Функція соціалізації – орієнтована на виховання особистості, здатної до активної участі у вирішенні актуальних екологічних проблем і самореалізації в умовах цифрової трансформації.

Формування екологічної культури є багатовимірною соціально-екологічною проблемою, що потребує системного підходу, зокрема залучення політико-правових, фінансових та освітніх механізмів. Інтегральним показником рівня екологічної культури сучасного студента виступає екологічна компетентність, яка формується у процесі екологічної освіти і виховання, що базується на екологічній етиці і проявляється через екологічну свідомість. Формування екологічної культури у молоді включає такі компоненти:

- систему наукових знань про взаємодію в межах триєдиної системи «природа–суспільство–людина», що сприяє розумінню процесів та наслідків цієї взаємодії;
- інтелектуальні і практичні навички, пов'язані з оцінкою стану довкілля, прогнозуванням наслідків антропогенного втручання, а також дотриманням екологічних норм поведінки та діяльності;
- емоційно-ціннісне ставлення до природи та довкілля, що проявляється у природоохорон-

ній діяльності, спрямованій на збереження та покращення екологічного стану та здоров'я населення [8, 9].

Проблематика формування екологічної культури молоді тісно пов'язані з економічними і політичними процесами, які відображають суперечності сучасного суспільства. Глобальні екологічні виклики, спричинені порушенням екосистем на планетарному рівні, обумовили формування міжнародного екологічного права. Тому, одним із актуальних завдань вищої освіти є підготовка майбутніх спеціалістів, обізнаних у питаннях екологічної культури відповідно до вимог їхньої професійної діяльності. Сучасний підхід до формування екологічної культури у студентів спрямований на формування здорового, мобільного, конкурентоспроможного, морально зрілого та професійно культурного фахівця, здатного до активної діяльності в сучасних умовах [2].

Зазначимо, що формування екологічної культури залежить від соціального середовища і сфери діяльності людини, зокрема освітньої, релігійної, мистецької, науково-пізнавальної, технологічної, економічної, політичної тощо. У кожній з них екологічна культура набуває специфічних змістових характеристик.

Висновки

Формування екологічної культури молоді є багатовимірним процесом, що вимагає комплексного підходу та інтеграції різних наукових дисциплін, зокрема біхевіористичної екології, соціології, педагогіки та права. Дослідження підтверджують, що екологічна культура розвивається під впливом природного середовища, соціальних норм, традицій і освітніх практик, формуючи в особистості екологічну свідомість, компетентність і відповідальність. Сучасні екологічні виклики вимагають активного залучення молоді до процесів сталого розвитку та екологічної трансформації суспільства. Інтеграція екологічної освіти у закладах вищої освіти сприяє підготовці фахівців, здатних відповідально ставитися до природокористування, прогнозувати наслідки антропогенного впливу та впроваджувати екологічно раціональні практики.

Таким чином, розвиток і формування екологічної культури молоді є ключовим чинником гар-

монізації відносин між людиною, суспільством і природою. Її розвиток можливий лише за умови ефективної взаємодії освітніх, правових, економічних та культурних механізмів, що сприятимуть формуванню екологічно свідомого, соціально відповідального та професійно компетентного покоління.

Список використаної літератури

1. Алмашій І.І. Особливості формування екологічної культури молоді природоцентричного типу в діяльності громадських організацій. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: «Педагогіка. Соціальна робота»*, 30. 2014. С. 9-12.

2. Биркович Т.І., Паламарчук С.П., & Биркович В.І. Особливості прояву екологічної культури сучасної молоді в контексті екологічних викликів. *Питання культурології* (39). 2022. С. 101–111. <https://doi.org/10.31866/2410-1311.39.2022.256905>

3. Рідей Н.М., Кучеренко Ю.А. Індикатор сталості розвитку взаємин суспільства і природи – екологічна культура. *Таврійський науковий вісник. Екологія, іхтіологія та аквакультура № 91*. 2015. С. 180–200. URL: http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/91_2015/38.pdf

4. Alberto J.C. Micheletti, Eva Brandl, Ruth Mace. What is cultural evolution anyway? *Behavioral Ecology*, Volume 33, Issue 4, 2022, P. 667–669, DOI: <https://doi.org/10.1093/beheco/arak011>

5. Barsbai T., Lukas D. Pondorfer A. Local convergence of behavior across species. *Science*, Vol 371, Issue 6526, 2021. P. 292-295 DOI: 10.1126/science.abb7481

6. Boyd R. A different kind of animal: how culture transformed our species. Princeton (NJ): Princeton University Press. 2018.

7. Davies N. B., Krebs, J. R., & West, S. A. An introduction to behavioural ecology. Hoboken, NJ: Wiley. 2012

8. Liulenko S. Development of Ecological Culture in Future Teachers of Biology and Ecology. *Pedagogy and Education Management Review*, (1(15)). 2024. P. 44-50 <https://doi.org/10.36690/2733-2039-2024-1-44>

9. Мудрак О., Морозова Т. Біоіндикація компонентів довкілля як важливий чинник природоохоронних технологій екологічної освіти. *Науковий вісник Вінницької академії безперервної*

освіти. Сер. Екологія. Публічне управління та адміністрування. 2024. С. 67–74. DOI <https://doi.org/10.32782/2786-5681-2024-2.08>

References

1. Almashii, I. I. (2014). Osoblyvosti formuvannia ekolohichnoi kultury molodi pryrodotsentrychnoho typu v diialnosti hromadskykh orhanizatsii [Features of Formation of Ecological Culture of Youth of Nature-centric Type in Activity of Public Organisations]. *Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Series: «Pedagogy. Social Work»*, 30, 9–12 [in Ukrainian]

2. Byrkovych T., Palamarchuk S., Byrkovych V. (2022). Soblyvosti proiavu ekolohichnoi kultury suchasnoi molodi v konteksti ekolohichnykh vyklykiv. [Features of the Manifestation of the Ecological Culture of Modern Youth in the Context of Environmental Challenges]. *Pytannia kulturolohii*, (39), 101–111. <https://doi.org/10.31866/2410-1311.39.2022.256905> [in Ukrainian]

3. Ridei, N. M., & Kucherenko, Yu. A. (2015). Indykator stalosti rozvytku vzaiemyn suspilstva i pryrody – ekolohichna kultura [Indicator of Sustainability of Development of Society and Nature–Ecological Culture]. *Taurida Scientific Herald. Ecology, Ichthyology and Aquaculture*, 91, 180–200 [in Ukrainian].

4. Alberto J. C. Micheletti, Eva Brandl, Ruth Mace (2022). What is cultural evolution anyway? *Behavioral Ecology*, Volume 33, Issue 4, 667–669, DOI: <https://doi.org/10.1093/beheco/arak011> [in English].

5. Barsbai T., Lukas D. Pondorfer A. (2021). Local convergence of behavior across species. *Science*, Vol 371, Issue 6526, 292-295 DOI: 10.1126/science.abb7481 [in English].

6. Boyd R. (2018). A different kind of animal: how culture transformed our species. Princeton (NJ): Princeton University Press. [in English].

7. Davies N. B., Krebs, J. R., & West, S. A. (2012). An introduction to behavioural ecology. Hoboken, NJ: Wiley. [in English].

8. Liulenko S. (2024). Development of Ecological Culture in Future Teachers of Biology and Ecology. *Pedagogy and Education Management Review*, (1(15)), 44-50, DOI: <https://doi.org/10.36690/2733-2039-2024-1-44> [in English].

METHODOLOGY FOR DETERMINING THE PHYSICAL PARAMETERS OF WASTEWATER

Valery Frolov, Olena Stepova, Oksana Illiash

Department of Applied Ecology
and Nature Management, National University
«Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»,
Poltava, Ukraine

Abstract

This paper presents a comprehensive methodology for determining the physical parameters of wastewater during its discharge into surface water bodies of various types, including rivers, lakes, and storage reservoirs. The proposed approach enables the assessment of impurity precipitation kinetics in wastewater and the identification of key factors influencing sedimentation and mixing processes in natural hydroecosystems. Particular attention is paid to the role of hydraulic particle size, density, shape, and mass, as well as to hydrological, physicochemical, and temperature conditions of receiving water bodies.

The methodology is based on classical hydromechanical principles, including gravitational and centrifugal force analysis, resistance forces of the aquatic environment, and dilution and mixing models. Mathematical relationships are applied to determine particle deposition rates under laminar and turbulent flow regimes, taking into account deviations from Stokes' law for fine and non-spherical particles. The influence of Brownian motion on ultrafine particles and the effects of turbulence, coagulation, and hydrodynamic complexation on heterogeneous particle mixing are also analyzed.

An algorithm for preliminary wastewater treatment at industrial and municipal enterprises prior to discharge into surface waters is proposed. This algorithm allows for the calculation of maximum

permissible concentrations of pollutants, suspended solids, biochemical oxygen demand, temperature, and acid–alkaline balance in wastewater, in accordance with sanitary and environmental standards. The applicability of the developed methodology is confirmed by comparing experimental data obtained from field measurements at wastewater–surface water mixing zones with calculated values, demonstrating high correlation and predictive reliability.

The implementation of the proposed methodology provides an effective tool for predicting the spatial and temporal distribution of pollutants in the water column and bottom sediments, including toxic metals. Its application contributes to improving environmental safety, protecting surface and groundwater resources, and enhancing the quality of drinking water sources in Ukraine under conditions of increasing anthropogenic pressure.

Keywords: wastewater discharge; surface water bodies; physical parameters; sedimentation kinetics; hydraulic particle size; mixing processes; environmental safety

Introduction

The problem of the aquatic environment quality in the World the long time has been one of the most important problems of human society [1-5]. As for Ukraine, the scale of anthropogenic impact on water bodies has already reached a critical point [6-8]. Today,

there are not surface water bodies left in Ukraine that would not change as a result of anthropogenic impact. The pollution level of rivers and lakes, as a result of harmful substances incoming, has reached critical levels. The results of sanitary and hygienic surface aquatic ecosystems assessment in Ukraine suggest that the main risk factor for human health is the use of surface and groundwater from different types of water sources (wells, pump rooms, etc.).

According to the current legislation of Ukraine, all wastewater must be treated from toxic impurities before being discharged to surface water bodies. Today, to meet these requirements, depending on the chemical composition of wastewater, various methods and ways to restore their quality characteristics are used [3, 9-12].

Industrial and domestic wastewater, before being discharged to surface water bodies, are subjected to purification to the required quality by mechanical, chemical, physically-chemical and biological methods. These methods are divided into recovery and destructive. Recovery methods involve the removal from wastewater and further processing of all valuable substances contained in them. At destructive methods, pollutants are destroyed by oxidation or reduction, and the products of destruction are removed from the water as a gases or sediments [1, 3-5, 11].

1. Description of physical parameters of reverse waters

Depending on the aquatic environment into which the wastewater enters, the processes of pollutants destruction contained in them and their transfer rate into certain distances (or suspended impurities sediment) will depend on many factors, namely: gravity, centrifugal force, gravitational force and centrifugation [3, 13].

The wastewater impurities deposition kinetics in hydroecosystems will be different and will depend on many parameters of a particular surface water body (flow rate, depth, temperature, chemical composition, density, etc.).

The main parameter in the calculation of deposition (hydraulic size) is the particles sedimentation rate to the reservoir bottom. When a particle is deposited on the reservoir bottom under the gravity action, the

driving force of a solid particle with a diameter d_r is described by the difference between its weight:

$$G = m_r q = \pi \frac{d_r^3}{6} p_r q, \quad (1)$$

and an Archimedean repulsive force equals the liquid weight in the volume of the particle:

$$A = m_0 q = \pi \frac{d_r^3}{6} p_0 q, \quad (2)$$

$$G - A = \pi \frac{d_r^3}{6} q (p_r - p_0), \quad (3)$$

where ρ_r – solid particle density, kg/m^3 , the resistance force of the aqueous environment, in which the particles contained in wastewater fall into, according to Newton will be presented as:

$$R = \int \frac{\pi d_r^3}{4} \cdot \frac{p_0 W_{oc}^2}{2}, \quad (4)$$

where \int – the resistance coefficient of the aquatic environment, which depends on the particles deposition mode in the surface water. The deposition rate can be found from the condition of equality of force driving of the particle and resistance force of the aquatic environment into which the particle enters:

$$W_0 = \sqrt{\frac{4d_r(p_r - p_0)q}{3\int p_0}}, \quad (5)$$

In the laminar deposition mode at $\int = 24/R_e$ we obtain the Stokes formula:

$$W_0 = \sqrt{\frac{4d_r(p_r - p_0)q}{3\int p_0}}, \quad (6)$$

There is also a minimum particles size, when a deviation from Stokes' law is observed and at $R_{er} \leq 10^{-4}$ very small particles deposition rate begins to be affected by the temperature factor of the aquatic environment molecules. Calculations have shown that at $d_r \approx 0.1 \mu\text{m}$ the particles don't sediment and chaotic Brownian motion is observed.

Non-spherical particles deposition rate is less than spherical particles deposition rate. For non-spherical particles, in the formulas for the equivalent diameter d_e determination, the volume V_r or the mass G_r of particles entering the aqueous medium is used:

$$d_e = \sqrt[3]{6V_r / \pi} = \sqrt[3]{6G_r / \pi p_r}, \quad (7)$$

When the wastewater sedimentation, there is a limitation of deposition, which is accompanied by the collision of particles, friction between them and changes in the velocities of large and small particles. This process occurs when wastewater enters lakes or other surface water bodies where there is no flow. If the wastewater enters rivers at different flow rates, the deposition and dissolution processes of their impurities are described taking into account many physicochemical, temperature and other factors. The turbulence, coagulation and hydrodynamic complexation affect the process of different shapes and masses particles mixing in the total volume of the hydroecosystem [2].

The inhomogeneous particles separation rate in the field of centrifugal forces is higher compared to these particles separation rate in the field of gravity. The mathematical relation of the speed of the centrifugal force to the force of gravity can be carried out by comparing the accelerations acting on the particles of impurities when entering the river with a certain flow velocity in the centrifugal and gravitational fields. In general, the centrifugal force P_c (H) is equal to:

$$P_c = \frac{mU_o^2}{r} = \frac{GU_o^2}{qr}, \quad (8)$$

where m – particle mass (kg); G – particle weight (H); U_o – angular velocity (m/sec); r – radius of rotation (m).

Dilution of wastewater is a process of reducing the concentration of impurities in the reservoirs into which they discharge, caused by mixing the wastewater with the aquatic environment. The intensity of the dilution process is quantitatively characterized by the multiplicity of dilution:

$$n = (C - C_r) / (C - C_o), \quad (9)$$

where C_o – concentration of impurities in wastewater, discharging into reservoirs (mg/m³); C_r and C – concentration of impurities in the reservoir before and after wastewater discharging respectively.

In flowing water bodies with a directed flow, the multiplicity of dilution in the calculated line n is determined by the formula:

$$n = (mQ + q) / q, \quad (10)$$

where m – mixing factor, which indicates what part of the water flow in the reservoir is involved in mixing; q – volume consumption of wastewater, discharging into surface water body with volume consumption of water Q in the reservoir.

With complete mixing of the wastewater, the concentration of impurities in the reservoir at any time is equal to:

$$C = t(C_o q + \sum C_A Q) / V, \quad (11)$$

where $t = V / (\rho + \sum Q - Q_n)$ – period of complete water exchange in the reservoir; V – reservoir volume; Q_n – water consumption in the reservoir without impurities.

Connection between sanitary requirements to the discharge conditions into reservoirs, ie compliance of the water composition and properties of reservoir used for water use with the established standards (Maximum Allowable Concentration) and the required degree of wastewater treatment before discharge into reservoirs in general can be described by the formula [3]:

$$C_c q + C_p m Q \leq (m Q + q) C_{mp}, \quad (12)$$

where C_c – concentration of pollutants (amount of harmful substances) of wastewater at which admissible norms will not be exceeded; q – water consumption discharge into the surface water body; C_p – the concentration of the same type of pollution in the water of the reservoir above the place of discharge of the considered runoff; Q – water consumption in the reservoir; C_{mp} – maximum permissible concentration of pollution (harmful substances) in the water of the reservoir.

The concentration of pollution m depends on many factors: the design of the outlet, the distance to the calculated line of discharge, hydraulic and hydrological parameters of the surface reservoir [4].

Converting formula (12), you can get the value of C_c , ie, the value of the pollutants concentration (harmful substances) in wastewater, which must be achieved as a result of their treatment and disposal by previous methods at enterprises:

$$C_c \leq m Q (C_{mp} - C_p) q + C_{mp}, \quad (13)$$

It should be noted that the conditions of wastewater mixing with the lakes and storage reservoirs are significantly different from the conditions of their mixing in rivers. The impurities concentration decreases significantly in the initial mixing zone, but complete mixing occurs at much greater distances from the place of discharge than in rivers. In addition, the mixing in time, direction and value of air velocity over lakes and storage reservoirs, which carry pollution in different directions from the discharge place. The mixing process and the chemical reactions rate that occur in lakes and storage reservoirs are influenced by the season and water temperature. Therefore, enterprises and organizations that discharge waste water into stagnant reservoirs should carry out the necessary and mandatory pre-treatment measures and make calculations of the wastewater treatment required degree according to the following algorithm:

1) to calculate the maximum permissible concentrations (MPC) of pollutants in wastewater:

$$C_c \leq C_B + m(C_{mp} - C_B), \quad (14)$$

2) to determine the concentration of suspended solids in wastewater:

$$C_B = V + mp, \quad (15)$$

3) to determine the allowable value biological oxygen demand (BOD) in wastewater:

$$L_c = \frac{n-1}{10-K_{c_i}} (L_{III} - L_B 10^{-K_{c_i}}) + \frac{L_{mp}}{10-K_{c_i}}, \quad (16)$$

where L_c – BOD in a stagnant reservoir before discharge; K – deposition rate constant O_2 in a stagnant reservoir;

4) to determine the allowable value BOD in wastewater by dissolved O_2 :

$$L_c = \frac{n-1}{K} (C_{O_{2n}} - KL_B - C_{O_{2n-1}}) - \frac{C_{O_{2n-1}}}{K} \quad (17)$$

where $C_{O_{2n}}$ – concentration of dissolved O_2 in a stagnant reservoir before discharge; $C_{O_{2n-1}}$ – MPC of dissolved O_2 , which must be in the settlement line after the discharge;

5) to determine the max allowable T° of wastewater:

$$T_c = nT_a + T_B, \quad (18)$$

where T_a – water temperature of surface watercourse after discharge; T_B – water temperature of surface watercourse before discharge.

6) to determine the permissible content of acid or alkali in waterwater, using a set of water samples with the following chemical analysis according to the formulas:

$$C_{CT_K} = (n-1)C_K \quad (19)$$

$$C_{CT_K} = (n-1)C_K \quad (20)$$

To establish the environmental risk during the discharge of wastewater to surface water bodies [14], to ensure environmental safety of surface water bodies, it is advisable to compare the experimental data with calculated by the formula [15]:

$$S_{max} = S_n + S_{cm} \cdot B \left[\frac{0.14 \cdot q_{cm} \sqrt{\frac{N}{H}}}{x \cdot (Q_e + q_{cm}) \varphi} \right], \quad (21)$$

where $S_n = \frac{S_e \times Q_e + S_{cm} \times q_{cm}}{Q_e + q_{cm}}$ – the average concentration of impurities, mg/l; S_{cm} – the concentration of impurities in wastewater, mg/l; B – the average width of the riverbed, m; q_{cm} – water runoff, m³/sec; Q_e – river consumption, m³/sec; $\bar{H} = \frac{H}{B}$ – relative depth of the river; H – average depth of the river, m; φ – tortuosity parameter; x – distance from the source of pollution, m; $C = \frac{1}{R} \times R^{\frac{1}{n}}$ – Shezi coefficient; n – roughness factor; $R = \frac{\omega^n}{\chi}$ – hydraulic radius, m; $\chi = B + 2H$ $\omega = B x H$ $N = \frac{M \times C}{g}$ – acceleration of gravity, m/sec²

1.2. Methodology of determination of physical parameters of reverse waters

The results of comparing experimental data (samples taken at the mixing places of wastewater with surface waters of a small river) with the calculated ones are presented in Fig.1.

It follows from the graph that the experimental results are quite accurately corrected with the calculated data. A comparison of experimental studies results and the results obtained by formula (21) gives grounds to apply a mathematical model to predict the

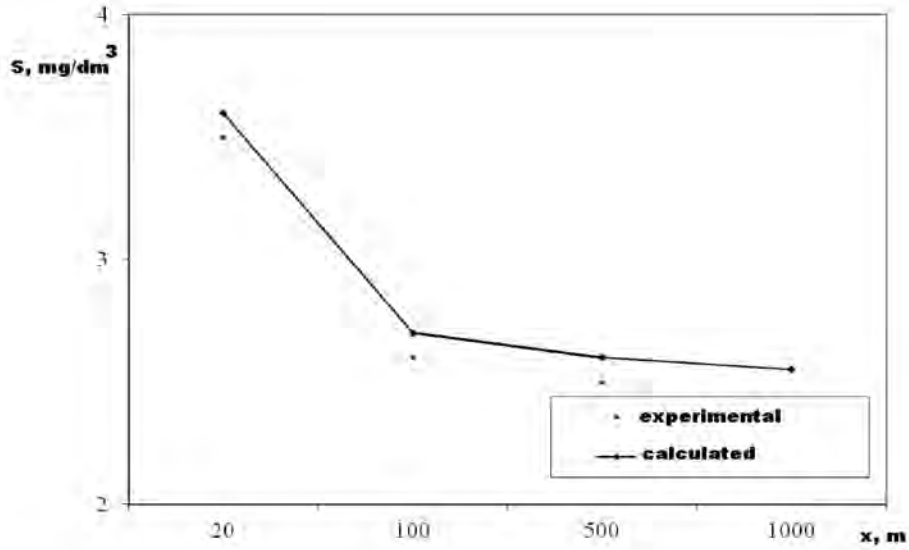


Fig. 1. The results of comparing experimental and calculated data

ecological state of reservoirs in real time to predict the spread in the water column and bottom sediments of toxic metals such as Cu, Zn, Ni, Mn and Cr.

The results of calculations (21) allow us to predict the reduction value of qualitative indicators of the pollutants concentration in surface water bodies (Fig. 2).

According to the predicted results, the maximum pollutants concentration reduction in surface water bodies, after mixing with wastewater, occurs at a distance to 200 m from the mixing point.

Conclusions. The proposed methodology to determine the physical parameters wastewater discharge into surface water bodies of different types allows:

- to determine the precipitation kinetics of im-

purities in wastewater and their dependence on concomitant factors;

- on the basis of hydraulic size to determine the deposition rate of different size and shape particles contained in wastewater;

- to determine the factors that affect the mixing process of different shapes and masses particles, the multiplicity of dilution in flowing and non-flowing reservoirs;

- to determine the characteristics and mixing factors of wastewater in river ecosystems, lakes and storage reservoirs;

- to propose an algorithm of measures of preliminary wastewater treatment by enterprises before discharge into surface water bodies.

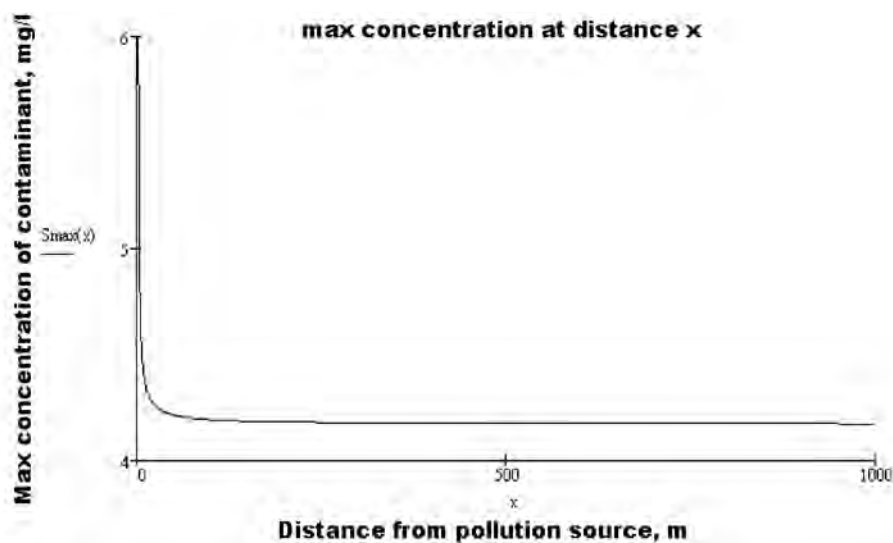


Fig. 2. Dynamics of pollutants concentration reducing in surface water bodies from a distance

Implementation and application of this methodology will determine the impact of wastewater on the quality and chemically-biological composition of surface water bodies of Ukraine, as well as significantly improve the quality of surface and groundwater, which is a water supply source for all residents of cities and towns of Ukraine.

References

1. Stepova O., Shara S. Development of water protection in European countries: relevance for Ukraine // *Environmental Problems*. – 2024. – Vol. 9, No. 4. – P. 249–253. – DOI: <https://doi.org/10.23939/ep2024.04.249>. (ena.lpnu.ua)
2. Proskurnin O., Malovanyy M., Belokon K., Rybalova O., Ivashchenko T., Tsapko N., Stepova O. Establishing Environmental Standardization of Wastewater Composition Based on Environmental Risk Assessment // *Journal of Ecological Engineering*. – 2022. – Vol. 23, Iss. 11. – P. 139–146. – DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/153602>. (jeeng.net)
3. Trus I. V., Prokopenko O. A., Stepova O. V., et al. Technology of the comprehensive desalination of wastewater from mines // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2020. – DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.206192>. (ResearchGate)
4. Голік Ю. С., Ілляш О. Е., Степова О. В. Екологічний стан басейну річки Дніпро в Полтавській області // *Вісник Інженерної академії України*. – 2013. – № 1. – С. 197–200.
5. Голік Ю. С., Ілляш О. Е. Система управління екологічним розвитком регіонів України (на прикладі Полтавської області) // *Екологічна безпека*. – 2014. – 04(12). – С. 20–24. (Полтавська політехніка)
6. Голік Ю. С., Ілляш О. Е. Методологічні основи моніторингу ефективності реалізації регіональної програми «Довкілля-2015» в Полтавській області // *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. – 2014. – № 3–4. – С. 22–26. (Полтавська політехніка)
7. Fischer H. B., List E. J., Koh R. C. Y., Imberger J., Brooks N. H. *Mixing in Inland and Coastal Waters*. – New York : Academic Press, 1979. – 483 p. – DOI: <https://doi.org/10.1016/C2009-0-22051-4>.
8. Jirka G. H., Weitbrecht V. *Mixing Models for Water Quality Management in Rivers: Continuous and Instantaneous Pollutant Releases* // *Water Quality Hazards and Dispersion of Pollutants* / ed. W. Czer-nuszenko, P. M. Rowiński. – Boston, MA : Springer, 2005. – P. 1–34. – DOI: https://doi.org/10.1007/0-387-23322-9_1.
9. Skorbiłowicz M., Skorbiłowicz E., Podedwor-na J., et al. Determination of mixing zones for rivers and reservoirs with conditions and restrictions for municipal wastewater discharged into surface waters // *Journal of Ecological Engineering*. – 2017. – Vol. 18, Iss. 5. – P. 137–144. – DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/76893>. (jeeng.net)
10. Baumgartner D. J., Frick W. E., Roberts P. J. W. *Dilution Models for Effluent Discharges*. – 3rd ed. – Newport, OR : U.S. Environmental Protection Agency, 1994. – 189 p. (Report EPA/600/R-94/086).
11. Альберт Гор. *Земля у рівновазі. Екологія і людський дух*. – К.: Інтелсфера, 2001. – 393 с.
12. Копальчук П. І. *Моделювання і прогнозування стану навколишнього середовища: навч. посіб.* / П. І. Копальчук. – К.: Либідь, 2003. – 207 с.
13. Зацерковний М. М. *Процеси захисту навколишнього середовища: підручник*. / М.М. Зацерковний, Т. Б. Столевич, О. М. Зацерковний. – О.: Фенікс, 2017. – 453 с.
14. *Загальна екологія: навч. посіб.* / Г.М. Франчук, С. М. Маджд, М. М. Радомська, Є. О. Бовсуновський. – К.: НАУ, 2015. – 232 с.
15. Ульям Р *Конец техноутопия* / Р. Ульям, М.Коттон . – К: Эко-Право, 2006. – 255 с.
16. *Methodology for determining the physical parameters of wastewater* / V. M. Isaenko, S. M. Madzd, V. F. Frolov, O. A. Mashkov // *Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології*. – 2020. – № 3, вип. 30. – С. 41–49. – DOI: 10.15407/fm-mit2020.30.041.
17. *Comprehensive Assessment of the Degree of Wastewater Pollution of Civil Aviation Enterprises* / Volodymir Isaenko, Svitlana Madhzd, Valeriy Frolov, Oksana Lapan // *International Symposium on Electric Aviation and Autonomous Systems 2020 (ISEAS | ISATECH | ICUAV); International Course on Unmanned Aerial Vehicle 2020*, 22–24 September 2020, Kyiv, Ukraine / Online. – Paper ICUAV-2020-086.