

АНОТАЦІЯ

Маршалл Д.І. ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАХИСТУ ВОДНИХ РЕСУРСІВ НА ДЕОКУПОВАНИХ ТЕРИТОРІЯХ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ ТА ЗАСМІЧЕННЯ. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – «Природничі науки», за спеціальністю 101 – «Екологія». – Київський національний університет будівництва і архітектури, МОН України, Київ, 2024.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню науково-прикладного завдання щодо підвищення рівня екологічної безпеки водних ресурсів на деокупованих територіях шляхом удосконалення їх захисту від забруднення та засмічення за рахунок застосування місцевих природних глинистих матеріалів, теоретичного обґрунтування застосування дренажних захисних споруд та автоматизованої системи відокремлення механічних засмічень з водної екосистеми.

У дослідженні на основі аналізу моніторингових досліджень доведено, що якість поверхневих та підземних вод на території держави зазнає значного погіршення і не відповідає існуючим нормативним документам, внаслідок зруйнування та затоплення водогосподарських споруд. В даному дослідженні показано погіршення ефективності роботи протифільтраційного облицювання магістрального каналу на прикладі Інгулецької зрошувальної системи внаслідок воєнних дій, а також тривалої експлуатації системи. Розрахункові дані за 2020 рік за нормативною методикою свідчать, що середні питомі фільтраційні втрати через змочений периметр необлицьованого каналу становлять $0,116 \text{ м}^3/\text{добу}$ з 1 м^2 .

Зазначені питання потребують оцінки та прогнозу подальшого розвитку подій на пошкоджених спорудах, невід'ємними складовими яких є розробка методології фільтраційних розрахунків втрат забрудненої води через пошкоджений захисний екран з метою аналізу міграції забруднень підземним водоносним горизонтом та підтоплення на території, що розглядається. В даній роботі розглянуті питання теоретичного обґрунтування втрат напору та фільтрації через захисний екран для оцінки і прогнозу подальшого забруднення

підземних вод, що можуть бути застосовані для визначення параметрів фільтраційного потоку з хвостосховищ, сміттєзвалищ, меліоративних каналів. Наведені підходи до визначення втрат напору через екрановану споруду при різного роду пошкодженнях і на різних стадіях фільтрації води з каналів. Визначено фільтраційні втрати води з магістрального каналу Інгулецької зрошувальної системи і зону впливу каналу при поступовому відході води після його затоплення через руйнування дамби Каховської ГЕС. В даних дослідженнях доведено, що при відновленні роботи магістрального каналу на Інгулецькій зрошувальній системі і в інженерних розрахунках для оцінки міграції забруднень в підземні горизонти та при подальшому відновленні магістрального каналу можна не приймати до уваги захисну здатність облицювання. Для перехвату фільтраційного потоку в даному випадку з метою захисту підземного горизонту пропонується застосування приканального дренажу, теоретичного обґрунтування сучасних підходів до розрахунку якого наведено в даній дисертації на прикладі існуючих сучасних рішень. Перехоплені дренажні води приканальним дренажем можуть бути використані для потреб інших водоспоживачів в даному регіоні. Даний підхід в подальшому слугуватиме для обґрунтування вибору оптимального захисту відкритих каналів з використанням сучасних світових технологій.

Можливість застосування місцевих глинистих порід для захисту пошкоджених ділянок каналу розглянуто на основі лабораторних досліджень. Для досліджень були взято проби природних глинистих матеріалів з двох родовищ Миколаївської області (біла глина): Першотравнене та Актове, а також червоної глини з території Канівського району Черкаської області. Лабораторні дослідження вилучення іонів важких металів на прикладі іонів міді проводилися згідно методики ДСТУ 7525 2014 на ліцензійному обладнанні (фотоелектроколориметр КФК-2). Методика експерименту по іонам Cu^{2+} встановлює коліметричні методи визначення масової концентрації міді від 0,02 до 0,5 мг/дм³ з реактивом діетилдітіокарбамату.

Застосування природних матеріалів на перших стадіях відновлення зрошувальних систем має бути ефективним рішенням для часткового видалення

забруднень важкими металами з метою недопущення їх попадання в підземні води.

Важливою перевагою використання природних глинистих покладів є їх поширеність у тих регіонах України, які потребують відновлення зрошувальних систем та захисту магістральних каналів від великих фільтраційних втрат та економічна доцільність їх застосування порівняно з іншими матеріалами (наприклад, бетонне або асфальтове покриття), тому даний напрямок досліджень має значні наукові та прикладні перспективи.

Експериментальні досліді з глиною з трьох зазначених родовищ щодо сорбційних властивостей по відношенню іонів Cu^{2+} підтвердили їх здатність до застосування в процесах очищення від забруднень у водному середовищі. Аналіз отриманих даних довів найбільшу сорбційну здатність серед білої глини зразків з родовища Першотравневе та значно вищу адсорбційну здатність зразків червоної глини з родовища Черкаської області.

Лабораторні дослідження були виконані для двох стадій фільтрації – крапельної та підпертої. Отримані результати засвідчили суттєве зниження сорбційної спроможності глинистого облицювання при переході каналу в стадію підпертої фільтрації, що, відповідно, було підтверджено розрахунками адсорбційних констант в рівнянні Фрейндліха. Суттєве збільшення фільтраційних властивостей облицювання за допомогою природних матеріалів на стадії підпертої фільтрації на попередніх проектних стадіях не враховується в даний час, що зумовлює необхідність внесення коректив в відомчі будівельні норми. Результати, які були отримані при проведенні даного експерименту можуть бути широко застосовані при облаштуванні протифільтраційних екранів для відстійників та хвостосховищ різного роду, а також при санації водних об'єктів з метою попередження попадання забруднень в підземний водоносний горизонт.

В дисертаційній роботі запропонована автоматизована система відокремлення механічних засмічень з водної екосистеми, що являє собою механічний бар'єр конвеєрного типу. Зазначена система є першим з трьох пускових комплексів, яка дозволяє виокремити засмічення з річки з мінімальною

шкодою для екосистеми.

Зазначена система може бути першою в серії наступних пускових комплексів:

- виокремлення механічних засмічень;
- сортування, висушування та підготовки;
- безвикидного спалювання у інноваційному комплексі Univastum.

Запропонована система, окрім ролі у загальному комплексі поводження з річковими засміченнями, може бути самостійною системою виокремлення.

Науково-теоретична цінність роботи полягає в наступному:

- розроблено теоретичне обґрунтування розрахунків фільтраційних втрат води з магістрального каналу з приканальним трубчастим дренажем з врахуванням падіння напору на захисному облицюванні каналу. Приканальний дренаж виконує в цьому випадку дві функції. По-перше – запобігає підтопленню території; по-друге – є можливість застосування інноваційних технологій для повернення частини фільтраційного стоку для використання в різних галузях водопостачання регіону;
- визначено економічну доцільність відновлення захисного облицювання з місцевих водотривких природних матеріалів на підставі проведення лабораторних досліджень щодо сорбційної спроможності глин в умовах крапельної фільтрації на поверхню водоносного горизонту та умов підпертої фільтрації під облицюванням;
- запропоновано варіанти моделей системи відокремлення механічних засмічень з водного об'єкту та екранів для фільтрації;
- результати досліджень дозволять в подальшому розробити рекомендації щодо ефективного інженерного захисту водних ресурсів від забруднення та виснаження в окремо взятому регіоні.

Результати дисертаційних досліджень були передані для впровадження на підприємстві ТОВ «АТЛАНТ-БУД» у частині щодо сорбційних властивостей місцевих глинистих матеріалів та методу розрахунку товщини глинистого екрану, а також були передані та розглянуті щодо подальшої можливості для

випробування при облаштуванні відстійника стічних вод на агропромисловому об'єкті ТОВ «Украгроінвестбуд».

В Київському національному університеті будівництва і архітектури матеріали досліджень в частині захисту територій від підтоплення та забруднення підземного водоносного горизонту використовуються в навчальному процесі при підготовці студентів, які навчаються за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища», 101 «Екологія», 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» при проведенні лекційних та практичних занять з дисциплін «Екологічна безпека», «Збалансоване природокористування», «Організація моніторингу екологічного стану та раціонального використання водних об'єктів», що дозволяє підвищити ефективність навчального процесу та якість викладання матеріалу при вивченні вказаних дисциплін.

Під час розв'язання поставлених задач використовувалися наступні методи: математичні методи фільтраційних розрахунків з врахуванням методів фільтраційного опору; методика вилучення іонів важких металів на прикладі іонів міді згідно ДСТУ 7525 2014 на ліцензійному обладнанні (фотоелектроколориметр КФК-2); моделювання в рамках теоретичної моделі ізотерм адсорбції Фрейндліха.

Ключові слова: забруднення водних ресурсів, водоносний горизонт, відновлення територій, фільтраційні втрати, кріплення меліоративного каналу, фільтраційний опір, приканальний дренаж, підтоплення території, захист від засмічення поверхневих екосистем.

ABSTRACT

Marshall D.I. WAYS OF IMPROVING THE PROTECTION OF WATER BODIES IN DE-OCCUPIED TERRITORIES AGAINST POLLUTION. – Qualifying scientific work on manuscript rights.

Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Philosophy in the field of knowledge 10 - "Natural Sciences", in the specialty 101 – "Ecology". – Kyiv National University of Construction and Architecture, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2024.

The dissertation is devoted to the solution of the scientific and applied task of increasing the level of ecological safety of water resources in the de-occupied territories by improving their protection against pollution and clogging due to the use of local natural clay materials, theoretical justification of the use of drainage protection structures and an automated system of - separation of mechanical blockages from the water ecosystem.

The study proved that the quality of surface and underground water on the territory of the state is significantly deteriorating and does not meet the existing regulatory documents, as a result of the destruction and flooding of water management structures. This study shows the deterioration of the effectiveness of the anti-filtration lining of the main channel on the example of the Ingulets irrigation system as a result of military actions, as well as long-term operation of the system. Estimated data for 2020 according to the normative methodology indicate that the average specific filtration losses due to the wetted perimeter of the unlined channel are $0.116 \text{ m}^3 / \text{day}$ from 1 m^2 .

The mentioned issues require an assessment and forecast of the further development of events at the damaged structures, the integral components of which are the development of a methodology for filtration calculations of polluted water losses through a damaged protective screen in order to analyze the migration of pollutants through the underground aquifer and flooding in the territory under consideration. In this work, the issues of theoretical substantiation of head loss and filtration through a protective screen for the assessment and forecast of further groundwater pollution, which can be used in the future to determine the parameters of the filtration flow from

tailings dumps, landfills, and reclamation channels, are considered. Approaches to the determination of pressure loss through a shielded structure with various types of damage and at different stages of water filtration from channels are presented. The filtration losses of water from the main channel of the Ingulets irrigation system and the zone of influence of the channel during the gradual outflow of water after its flooding due to the destruction of the Kakhovskaya HPP dam were determined. These studies have proven that when resuming the operation of the main channel on the Ingulets irrigation system and in engineering calculations to assess the migration of pollutants into the underground horizons and during the subsequent restoration of the main channel, the protective capacity of the lining can not be taken into account. In order to intercept the filtration flow in this case, and to protect the underground horizon, it is proposed to use a channel drainage, the theoretical justification of modern approaches to the calculation of which is given in this dissertation on the example of existing modern solutions. Intercepted drainage water by sewer drainage can be used for the needs of other water consumers in this region. This approach will further serve to justify the choice of optimal protection of open channels using modern global technologies.

The possibility of using local clay rocks to protect damaged sections of the canal is considered on the basis of laboratory studies. For additional research, samples of natural clay materials were taken from two deposits of Mykolaiv region (white clay): Pershotravne and Aktove (White Rocks), as well as red clay from the territory of Kaniv district of Cherkasy region. Laboratory studies on the extraction of heavy metal ions using the example of copper ions were carried out according to the DSTU 7525 2014 methodology on licensed equipment (photoelectrocolorimeter KFK-2). The methodology of the C ions experiment establishes colometric methods for determining the mass concentration of copper from 0.02 to 0.5 mg/dm³ with the diethyldithiocarbamate reagent.

The use of natural materials in the first stages of restoration of irrigation systems should be an effective solution for the partial removal of heavy metal pollution in order to prevent them from entering the groundwater.

An important advantage of using natural clay deposits is their prevalence in those regions of Ukraine that require restoration of irrigation systems and protection of main canals from large filtration losses and the economic feasibility of their use compared to other materials (for example, concrete or asphalt pavement), therefore this direction of research has significant scientific and applied perspectives.

Experimental experiments with clay from the three specified deposits regarding sorption properties in relation to Cu^{2+} ions confirmed their ability to be used in the processes of cleaning pollution in the water environment. The analysis of the obtained data proved the greatest sorption capacity among white clay samples from the Pershotravneve deposit and significantly higher adsorption capacity of red clay samples from the Chekrka region deposit.

Laboratory studies were performed for two stages of filtration - drip and suspended. The obtained results showed a significant decrease in the sorption capacity of the clay lining when the channel transitions to the stage of suspended filtration, which, accordingly, was confirmed by the calculations of the adsorption constants in the Freundlich equation. A significant increase in the filtration properties of cladding with the help of natural materials at the stage of supported filtration is not taken into account at the previous design stages, which makes it necessary to make corrections in the departmental building regulations. The results obtained during the conduct of this experiment can be widely applied in the installation of anti-filtration screens for sedimentation tanks and tailings of various kinds, as well as in the rehabilitation of water bodies in order to prevent pollution from entering the underground aquifer.

The dissertation proposed an automated system for separating mechanical debris from the water ecosystem, which is a conveyor-type mechanical barrier. This system is the first of three launch complexes, which allows to separate the debris from the river with minimal damage to the ecosystem.

This system may be the first in a series of subsequent ones
launch complexes:

- separation of mechanical blockages;
- sorting, drying and preparation;
- emission-free combustion in the Univastum innovation complex.

The proposed system, in addition to its role in the general complex of river pollution management, can be an independent separation system.

The scientific and theoretical value of the work is as follows:

- a theoretical basis for calculating the filtration losses of water from the main channel with a connecting tubular drainage system was developed, taking into account the pressure drop on the protective lining of the channel. Pryka-nal drainage performs two functions in this case. First, it prevents flooding of the territory; secondly, there is a possibility of using innovative technologies to return part of the filtration runoff for use in various branches of water supply in the region;

- the economic feasibility of restoring the protective lining from local water-resistant natural materials was determined on the basis of conducting laboratory studies on the sorption capacity of clays under conditions of drip filtration on the surface of the aquifer and conditions of sub-percentage filtration under the lining;

- an automated system for separating mechanical debris from a water body is proposed;

- the research results will allow further development of recommendations for effective engineering protection of water resources from pollution and depletion in a particular region

The results of the dissertation research were submitted for implementation at the "ATLANT-BUD" LLC enterprise in the part concerning the sorption properties of local clay materials and the method of calculating the thickness of the clay screen, and were also submitted and considered regarding the further possibility for testing when installing a wastewater clarifier on an agro-industrial objects of LLC "Ukragroinvestbud" (Appendix C).

At the Kyiv National University of Construction and Architecture, research materials on the protection of territories from flooding and pollution of the underground aquifer are used in the educational process in the preparation of students studying in the specialty 183 "Environmental Protection Technologies", 101 "Ecology", 194 "Hydrotechnical construction, water engineering and water technologies" during lectures and practical classes in the disciplines "Environmental safety", "Balanced nature management", "Organization of monitoring of the ecological

state and rational use of water bodies", which allows to increase the effectiveness of the educational process and the quality of teaching material when studying the specified disciplines.

The following methods were used when solving the problems: mathematical methods of filtration calculations taking into account the methods of filtration resistance; method of extracting heavy metal ions using the example of copper ions according to DSTU 7525 2014 on licensed equipment (photoelectrocolorimeter KFK-2); modeling within the framework of the Freundlich adsorption isotherm theoretical model.

Keywords: pollution of water resources, aquifer, restoration of territories, filtration losses, fastening of the melioration channel, filtration resistance, channel drainage, flooding of the territory, protection against clogging of surface ecosystems.