

ЗАЯВА

Я, Хітров Сергій Віталійович
(ПІБ повністю)
Студент групи ВВ2026
(шифр групи)
Спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код та назва спеціальності)
освітньої програми Водопостачання та водовідведення
(наша освітньої програми)

освітнього ступеня підготовки **магістр**

заявляю, що моя випускна кваліфікаційна робота на тему:

Моделювання роботи захисних споруд на водотоках

виконана самостійно і в ній не міститься елементів плагіату. Всі запозичення з друкованих та електронних джерел мають відповідні посилання.

Прошу перевірити її на наявність академічного плагіату.

Я ознайоmlена з чинним «Порядком перевірки кваліфікаційних випускних робіт здобувачів вищої освіти на виявлення текстових та графічних запозичень засобами перевірки на плагіат», згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску випускної кваліфікаційної роботи до захисту.

Дата
Керівник
доц. Козачина В.А.

Підпис
Підпис

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра «Гідравліка та водопостачання»

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри

—
(підпис)
(ПБ)

20 ____ р. _____ «____»

ДИПЛОМНА РОБОТА
на здобуття ОС «магістр»

Галузь знань 19 «Архітектура та будівництво»

Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

ОП «Водопостачання та водовідведення»

Тема : «Модельовання роботи захисних споруд на водотоках»
Theme: «Modeling of protective structures on watercourses»

Керівник дипломного проекту (роботи) к.т.н., доц. _____ Віталій КОЗАЧИНА
(підпис)

Нормоконтролер д.т.н., проф. _____ Микола БІЛЯЄВ
(підпис)

Студент групи _____ Сергій ХІТРОВ
(підпис)

Student BB2026

Serhii KHITROV

Дніпро

2021 р

Зміст

АНОТАЦІЯ	2
ВСТУП	2
РОЗДІЛ 1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ	3
РОЗДІЛ 2 ЧИСЕЛЬНЕ ІНТЕГРУВАННЯ РІВНЯННЯ ПЕРЕНОСУ РАДІОАКТИВНОЇ РЕЧОВИНИ	22
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ФІЗИЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ	29
ВИСНОВКИ	36
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	37

АНОТАЦІЯ

У роботі розглянуті основні проблеми, які зв'язані з аварійним скидом стічних вод в акваторії річки, який приводить до забруднення води, на водозаборі. Розглянута математична модель процесу забруднення води в джерелі водопостачання . Приведено данні лабораторного експерименту по визначенню ефективності використання захисної стінки, для захисту водозабору.

Об'єкт дослідження: процес забруднення річки та захист водозабору.

Предмет дослідження: аналіз ефективності використання захисної стінки для захисту водозабору.

Мета кваліфікаційної роботи: дослідження процесу захисту водозабору.

Метод дослідження: математичне моделювання, лабораторний експеримент.

Практичне значення отриманих результатів: дані результати можуть бути використані для підвищення ефективності роботи захисних споруд на водотоках.

Ключові слова: захисна споруда, водотік , лабораторний експеримент, математична модель..

SUMMARY

The paper considers the main problems associated with the emergency discharge of wastewater in the river, which leads to water pollution at the water intake. The mathematical model of the process of water pollution in the water supply source is considered. The data of laboratory experiment on definition of efficiency of use of a protective wall, for protection of a water intake are resulted.

Object of research: **the process of river pollution and protection of water intake.**

Subject of research: **analysis of the effectiveness of the use of a protective wall to protect water intake.**

The purpose of the qualification work: **a study of the process of water intake protection.**

Research method: **mathematical modeling, laboratory experiment.**

Practical significance of the obtained results: these results can be used to increase the efficiency of protective structures on watercourses.

Keywords: **protective structures, watercourse, laboratory experiment, mathematical model .**

ВСТУП

Об'єктом дослідження даної роботи є ризик радіоактивного забруднення річки та використання захисної споруди (стінки) для мінімізації забруднення води біля водозабору.

Розглядається аварійний виток в річку, що знаходиться в межах м. Дніпродзержинськ, у промисловій частині міста, відмітка витоку 57,0 м над рівнем моря. Русло р. Коноплянка протікає неподалік хвостосховищ, де зберігаються відходи гідрометалургійної переробки уранових руд. Найближче розташоване хвостосховище «Дніпровське». Хвостосховище «Дніпровське» розташоване на правому березі р. Дніпро, в виробничо-промисловій зоні м. Дніпродзержинськ. З півдня та заходу воно обмежене р. Коноплянка. Хвостосховище «Дніпровське» збудоване в 1953 р. для складування відходів гідрометалургійної переробки уранових руд, шляхом споруди замкнутого контура захисних гребель, довжиною 3,99 км. Формувалося хвостосховище «Дніпровське» в період з 1954 по 1968 рр., площа хвостосховища - 76 га.

Воно є джерелом забруднення нижче лежачих ґрунтів і ґрунтових вод у результаті міграції радіонуклідів з інфільтруючимися атмосферними опадами та атмосферного повітря радіоактивним пилом і аерозолями, радоном та продуктами його розпаду. У р. Коноплянку і далі в р. Дніпро розвантажуються підземні радіоактивно забруднені води від хвостосховищ відходів уранового виробництва. Радіоактивний пил розноситься вітром, забруднюючи водозабірні території Дніпровського водосховища та його притоків, а також з опадами потрапляє у водне середовище. У той же час, значні концентрації свинцю-210 і полонію-210 відмічено за межами створу

хвостосховища, що свідчить і про інші джерела радіонуклідного забруднення води р. Коноплянка.

Особливу загрозу становить затоплення хвостосховищ внаслідок сильних злив або повені. Важливим є прогноз аварійного забруднення р. коноплянки, тому що її забруднення викличе забруднення р. Дніпро.

РОЗДІЛ 1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

На фоні помітного зменшення активності штучних радіонуклідів у воді Дніпровського водосховища на даний час виникає проблема можливого забруднення водосховища техногенно-посиленими природними радіонуклідами уранового ряду внаслідок розташування виробництва по переробці уранової сировини в верхній частині Дніпровського водосховища, де у м. Дніпродзержинську на колишньому виробничому об'єднанні «Придніпровський хімічний завод» (ВОПХЗ), починаючи з 1949 до 1992 р. велась переробка уранової руди [1, 2].

За період роботи підприємства було створено 9 хвостосховищ радіоактивних відходів (РАВ), в яких знаходиться понад 36 млн. т РАВ уранового виробництва загальною активністю поряд $2,7 \cdot 10^{15}$ Бк (75000 Ки) [1]. А за іншими даними кількість накопичених РАВ становить 42 млн. т і з загальною активністю $3,17 \cdot 10^{15}$ Бк (85680 Ки) [3].

Одержані на першому етапі виробництва РАВ складавались у прилеглі глиняні кар'єри і яри, що не були пристосовані для тривалого збереження РАВ. У результаті на території підприємства утворилися хвостосховища радіоактивних відходів «Західне», «Центральний Яр», а також «Дніпровське» («Д»), розташоване в заплаві р. Дніпро (знаходилося в експлуатації з 1951р по 1968 р.). У період з 1968 по 1993 рр. радіоактивні відходи складавались у спеціально підготовлені секції І: ІІ хвостосховища «С», що розташовано південніше м. Дніпродзержинська.

У даний час ці хвостосховища є джерелом забруднення нижче лежачих ґрунтів і ґрунтових вод у результаті міграції радіонуклідів з інфільтруючимися атмосферними опадами та атмосферного повітря радіоактивним пилом і аерозолями, радоном та продуктами його розпаду.

Радіоактивний пил розноситься вітром, забруднюючи водозабірні території Дніпровського водосховища та його притоків, а також з опадами потрапляє у водне середовище. Даними попередніх екологічних спостережень та результатами математичного моделювання, одержаними Інститутом геологічних наук НАН України та Українським державним інститутом мінеральних ресурсів у 1997 – 1998 рр., було показано, що вміст природних радіонуклідів (ПРН) і шкідливих хімічних речовин (ШХР) у зонах впливу цих хвостосховищ істотно перевищує фонові значення навколишнього середовища даного регіону [1].

Особливо найбільшу загрозу представляє собою хвостосховище «Д» розташоване в заплавах р. Дніпро та р. Коноплянки – правої притоки першого порядку р. Дніпро. Проведений аналіз ситуації показує, що хвостосховище «Д» піддається впливу відвалів і шламосховища «Дніпровського металургійного комбінату» (ДМК) і, внаслідок цього, хвости переробки піддаються вилужуванню і, відповідно, продукти вилужування забруднюють поверхневі і підземні води техногенно-посиленими природними радіонуклідами [1].

Присутні в відвалах горно-переробної промисловості ендегенні мінерали гірських порід в першу чергу сульфідів, а також сульфатів технологічного походження, при взаємодії з атмосферними опадами утворюють сірчаноокислу агресивну водну середу, яка активізує процеси вилужування елементів із порід та сприяє їх водній міграції. В кислій сульфатній середі будуть мігрувати ізотопи урану та торію. Ізотопи радію, свинцю залишаються порівняно непорушні. Це приводить до різкого

порушення радіоактивної рівноваги в рядах розпаду як в межах забрудненої території, так і навколо неї [4].

За даними лабораторії радіологічного контролю колишнього ВОПХЗ вміст контрольованих у воді Дніпра радіонуклідів урану-238 і радію спостерігається на рівнях значно нижче $ДК_{\text{В}}$, установлених НРБУ – 97 для питної води (не більш 0,03 – 0,06 $ДВ_{\text{к}}$) [3]. Однак, можна відзначити тенденцію до збільшення концентрації цих радіонуклідів на ділянках, розташованих нижче за течією річки від досліджуваних об'єктів (с. Карнаухівка).

Гідрологічна характеристика р. Коноплянка

Річка Коноплянка є правою притокою р. Дніпро (Дніпровського водосховища) і впадає в нього на 444 км від гирла (на 116,1 км від греблі Запорізької ГЕС) (Рис. 1 – Рис. 4). В минулому р. Коноплянка це протока р. Дніпро, пересипана відвалами хвостосховищ, перегороджена дамбами, автошляхами і залізницями. Залишки протоки Коноплянка у вигляді затоки довжиною 3,35 км і шириною 100-240 м залишилися у західній частині міста, між островом Дика Коса і сел. Карнаухівка. Затока відсічена від стр. Коноплянка глухою дамбою.

Виток р. Коноплянка знаходиться в межах м. Дніпродзержинськ, у промисловій частині міста, відмітка витоку 57,0 м над рівнем моря. Від витоку до перекачувальної насосної станції біля залізничного переїзду струмок являє собою стічний канал довжиною 4,2 км з каналами-притоками (так звану меліосистему), по яких здійснюється скид поверхневих снігових і дощових вод, а також промислових стоків. Гирло струмка знаходиться на північний схід від м. Дніпродзержинськ, його відмітка 51,40 м.

Довжина р. Коноплянка 8,4 км, площа басейну 25,1 км². За цими параметрами струмок Коноплянка відноситься до категорії малих річок. Загальне падіння русла струмка складає 5,6 м, середній уклон 0,67 ‰.

Рельєф басейну р. Коноплянка являє собою правобережний схил і I надзаплавна тераса річкової долини р. Дніпро. Басейн знаходиться повністю в межах міської забудови м. Дніпродзержинськ. Глибина ерозійного врізу русла нижче вододілу становить 90-120 м, найвища відмітка в басейні становить 178,8 м, найменша – 51,4 м. Руслова мережа помірно розгалужена. Басейн р. Коноплянка межує на півдні і південному сході з басейном р. Суха Сура і її притоки – б. Розсолувата, які входить в систему р. Мокра Сура.

Площа лісів в басейні складає 3,77 км², залісеність басейну 15,0 %, площа боліт не перевищує 0,75 км² (3,0 %).

На відстані 4,2 км від гирла перед пересіченням струмка з насипом залізничної колії русло струмка розчищено і розширено у вигляді регулюючої ємності площею 0,7 га, з якої стік води перекачується через залізничну колію за допомогою перекачувальної насосної станції ПНС. Максимальна витрата ПНС 0,5 м³/с. Регулююча ємність, яка також відіграє роль аванкамери ПНС, має максимальну місткість 50 тис. м³, що недостатньо для зарегулювання максимального стоку по струмку. При проходженні інтенсивних опадів насосна станція не забезпечує своєчасне відкачування стоку, вся місцевість заливається водою, часто заливаються і виходять з ладу електродвигуни на ПНС. В таких випадках затоплюються території промислових підприємств і вся оточуюча місцевість, відкачування води здійснюється в аварійному режимі пересувними насосними станціями.

Водний режим живлення р. Коноплянка переважно від стоку снігових та дощових вод по вулицям міста, а також, в значній мірі, дренажне і від скиду промислових стоків. Джерельне живлення в басейні досить значне – впродовж посушливого періоду року в руслі завжди спостерігається течія,

русло не пересихає. Таке високе джерельне живлення р. Коноплянка пояснюється більш глибоким врізом її русла порівняно з сусіднім басейном р. Суха Сура (на 55 м) і розташуванням у верхів'ї останньої великого водосховища (Баглійського ставу-накопичувача стічних вод м. Дніпродзержинськ), фільтрація з якого підземним шляхом потрапляє також і в русло р. Коноплянка. Велику долю підземного живлення дають також втрати з водонесучих комунікацій міста (водопроводів, каналізаційних, теплових мереж, вигрібних ям у приватному секторі забудови і т. ін.).

Поверхневий стік у русло р. Коноплянка теж значно більший у порівнянні з водними об'єктами у природних умовах, що пов'язано із значною долею водонепроникних поверхонь у басейні – асфальтованих покриттів вулиць і проїздів, дахів будинків і т. ін., з яких дощовий і талий стік здійснюється без затримки і без фільтрації в ґрунт. По скиду технологічних промислових стоків відомості відсутні.

Сумарний річний стік р. Коноплянка оцінюється у 25 млн. м³/рік (при чому, річний об'єм опадів в басейні становить тільки 14 млн. м³).

Максимальні витрати. Розрахунками визначені основні параметри максимального стоку від сніготанення і злив. Розрахунки виконані по редуційним формулам з урахуванням руслового і схилового часу добігання згідно «Инструкции по определению расчетных гидрологических характеристик» ВСН 04-77 Л. Гидрометеиздат. 79. 62 с.

В розрахунках прийняті основні гідрологічні і кліматичні параметри згідно даних спостережень на водомірному посту-аналогу Олександрівка Перша на р. Кільчень і на метеостанції Дніпродзержинськ. Максимальний добовий шар стоку весняної повені 1 % забезпеченості дорівнює $h_{к1\%}^*=14$ мм, максимальний шар стоку весняної повені 1 % забезпеченості – $h_{к1\%}=95$ мм, максимальний добовий шар зливових опадів 1 % забезпеченості – $H_{1\%}=94$ мм.

Розрахункові створи розташовані:

- I в гирлі струмка, в районі трубчастого переїзду на автошляху;
- II на відстані 4,2 км від гирла, біля НСП перед перетинанням з залізницею.

Морфометрична характеристика розрахункових створів: I II

1. Площа басейну F, км ²	25,1	17,8
2. Довжина водостоку L, км	8,4	4,2
3. Середньозважений уклон русла I _p , ‰	0,67	1,02
4. Густота руслової мережі ρ, км/км ²	3,70	3,70
5. Середня довжина схилів L _{сх} , км	0,15	0,15

6. Середній уклон схилів I_{cx} , ‰	55,2	47,0
7. Залісеність басейну $f_{л}$, %	15,0	15,0
8. Заболоченість басейну $f_{б}$, %	3,0	3,0

Розрахунки максимальних витрат приведені в додатках 1-2, результати розрахунків – в таблиці 1.

Таблиця 1.1. Максимальні витрати і об'єми стоку в розрахункових створах

№.№ п/п	Найменування створів, показники	Розрахункова забезпеченість, Р, %				
		1	3	5	10	25
	Створ І. Гирло стр. Коноплянка. F=25,1 км²					
1.	Талі води: - витрата, м ³ /с	6,60	5,52	4,58	3,27	2,02
	- об'єм стоку, тис. м ³	2070	1850	1360	1040	612
2.	Злизові паводки: - витрата, м ³ /с	7,69	5,54	3,08	1,77	0,62
	- об'єм стоку, тис. м ³	396	285	159	91,2	31,7
	Створ ІІ. 4,2 км стр. Коноплянка F=17,8 км²					

3.	Талі води: - витрата,	м ³ /с	6,55	5,56	4,44	3,22	1,94
	- об'єм стоку,	тис. м ³	1470	1310	961	738	434
4.	Злизові паводки: - витрата,	м ³ /с	10,9	7,85	4,36	2,51	0,87
	- об'єм стоку,	тис. м ³	309	223	124	71,1	24,7

Враховуючи наявність глухого насипу залізничної колії (без водопропускної споруди), що перегородила русло струмка, і насосної станції перекачки (яка має недостатню потужність) з регулюючою аванкамерою, фактичні витрати по руслу струмка зазнають значної трансформації, вирівнювання у часі і будуть сильно відрізнятися від розрахункових.

Рівневий режим. На рівневий режим води в руслі р. Коноплянка впливає власний стік, а також рівні води по р. Дніпро (Дніпровського водосховища).

В межах м. Дніпродзержинська р. Дніпро знаходиться в підпорі греблі Запорізької ГЕС, яка утворила Дніпровське водосховище. Відмітка нормального рівня НПР водосховища дорівнює 51,40 м. Довжина водосховища від Запорізької до Дніпродзержинської греблі 129,7 км, площа водного дзеркала 298 км², в тому числі: головного плеса – 209 км², заток – 88,9 км². Мілководдя глибиною до 2,0 м займають площу 54,7 км² (18,3 % всієї площі).

Об'єм води водосховища 3,03 млрд. м³, в тому числі: головного плеса – 2,74 млрд. м³, заток – 0,28 млрд. м³.

Хвостосховище «Дніпровське»

Хвостосховище «Дніпровське» розташоване на правому березі р. Дніпро, в виробничо-промисловій зоні м. Дніпродзержинськ. З півдня та заходу воно обмежене р. Коноплянка. Хвостосховище «Дніпровське» збудоване в 1953 р. для складування відходів гідрометалургійної переробки уранових руд, шляхом споруди замкнутого контура захисних гребель, довжиною 3,99 км. Висота гребель змінюється від 6 до 12 м, ширина по гребеню - $5\div 35$ м, по основі - $40\div 80$ м. Південна частина дамби, яка обмежена р. Коноплянка, характеризується двох- і триярусним профілем, ширина гребеня складає $4\div 10$ м, берм - від 3 до 10 м. По бермі дамби прокладена залізнична колія. Формувалося хвостосховище «Дніпровське» в період з 1954 по 1968 рр., площа хвостосховища - 76 га.



Рисунок 1.1. Територія ділянки розчищення р. Коноплянка неподалік промислової зони

В геоморфологічному відношенні хвостосховище знаходиться в межах прибережної заплави р. Дніпро з відмітками $49\div 56$ м БС. СЗЗ на південь і південний захід від хвостосховища охоплює I і частину II надзаплавної тераси р. Дніпро з відмітками $60\div 78$ м. Від гирла впадіння р. Коноплянки в р.

Дніпро в північно-західному напрямку сформувалася територія межиріччя. Вона має довжину близько 3 км з північного заходу на південний схід, паралельно руслу р. Дніпро, та ширину - близько 1,5 км. З півночі територія межує з руслом р. Дніпро, а з півдня і південного заходу - з р. Коноплянка. Природний рельєф значно змінений в процесі промислового освоєння території.



Рисунок 1.2. Русло р. Коноплянка знаходиться в промисловій зоні

Складування відходів переробки уранових руд проводилося гідронамивним способом. Потужність хвостових відкладень - від 4,0 до 12 м. Площа чаші хвостосховища складає 73 га, чаша сформована без устрою протифільтраційної завіси, потужність тіла хвостосховища із змістом природного урану коливається від 4 м до 7,8 м.

В хвостосховищі заскладовано 12 млн. т твердих радіоактивних відходів об'ємом $5,84 \text{ млн. м}^3$, в тому числі 5,6 млн. т відходів переробки уранових руд з високим залишковим вмістом природного урану. Сумарна активність складає $1,4 \times 10^{15}$ Бк, γ -активність - 60 мкР/год.

Хвости переробки уранових руд повсюдно перекриті шаром фосфогіпсу, відходами коксохімічного заводу, вуглистими шлаками, потужністю від 1÷5 м поблизу захисних дамб, до 19 м в центральній та східній частинах чаші. Поверхня засипів нерівна, з численними уступами,

дрібними промоїнами. Приблизний об'єм фосфогіпсу, заскладованого в чаші хвостосховища, складає 2,63 млн.м³.



Рисунок 1.3. Гирлова частина р. Коноплянка



Рисунок 1.4. Водопропускна споруда в гирлі р. Коноплянка

При будівництві хвостосховища не було дотримано регламентуючих норм для полігонів захоронення радіоактивних відходів, а саме:

- Полігони не повинні розташовуватися на затоплюваних зливовими, талими і паводковими водами територіях;

- Розташування полігонів повинно виключати можливість забруднення населених пунктів, рекреаційних зон (розмір санітарної зони - 3000 м), відкритих водойм і водотоків, а також підземних вод;

- Полігони слід розміщувати на ділянках, де підземні води залягають на глибинах більше ніж 2 м і перекриті слабопроникними породами з коефіцієнтом фільтрації не більше 10^{-6} м/добу.

- Забороняється розміщення полігонів в долинах річок, балок, на ділянках з просадочними та сипучими ґрунтами, а також в місцях розвитку карстів, провалів, суфозії;

Гідрогеологічні умови описуваної території з самого початку були несприятливі для будівництва хвостосховища «Дніпровське» - полігону радіоактивних промислових відходів.

Водовміщуючу товщу алювію складають різнозерністі піски (від пилюватих до гравелистих), мулуваті супіски та суглинки. В межах II надзапавної тераси в склад водовміщуючої товщі алювіального горизонту входить нижня частина лесових суглинків та супісків, що залягають вище. Коефіцієнти фільтрації змінюються в широких межах і складають 0,4 м/добу для суглинків, $0,28 \div 0,7$ м/добу для супісків, 2,7 м/добу для пісків пилюватих, $10,7 \div 27,4$ м/добу для пісків (від мілких до гравелистих).

Коефіцієнт фільтрації алювіальних пісків, що залягають поблизу р. Коноплянки, - $10,7 \div 20,6$ м/добу, насипних ґрунтів металургійних шлаків - $7,5 \div 10$ м/добу, намивних ґрунтів чаші «Дніпровського» хвостосховища - $0,5 \div 0,63$ м/добу.

Живлення водоносного горизонту здійснюється за рахунок інфільтрації атмосферних опадів та перетікання з техногенного водоносного горизонту, що залягає вище і має обмежене розповсюдження в товщі техногенних відкладень. Розвантаження відбувається в р. Коноплянка, р. Дніпро.

Водоносний горизонт в кристалічних породах залягає під алювіальним водоносним горизонтом та приурочений до дресвяно-щебенюватої кори вивітрювання і зонам тріщинуватості в кристалічному фундаменті.

Каолінова кора вивітрювання, яка являє собою місцевий водоупір, розповсюджена фрагментарно тільки на знижених ділянках кристалічного фундаменту і не перешкоджає тісному зв'язку між водоносними горизонтами в алювіальних відкладеннях і кристалічних породах.

Гідрогеологічний стан, що склався в даний час, почав формуватися відразу після введення хвостосховища в експлуатацію. Рівневий режим водоносного комплексу алювіальних відкладень і кристалічних порід сформувався в процесі промислового освоєння території, для нього характерні сезонні коливання рівня, що сягають 1 м. Вже в 1954 році рівні ґрунтових вод на південь та південний захід від хвостосховища піднялися на $0,5 \div 1,0$ м, а до 1956 року - на $1,0 \div 1,5$ м, місцями на $2 \div 3$ м. В даний час рівні алювіального водоносного горизонту на ділянці розташування хвостосховища і прилеглої території перевищують ті, що існували до 1953 року на $1,0 \div 2,0$ м, а в межах санітарно-захисної зони на південь від хвостосховища - до $3 \div 4$ м.

Для алювіального водоносного горизонту, що залягає першим від поверхні, в районі хвостосховища «Дніпровське» характерна невелика глибина залягання рівнів від природної поверхні - $0,57 \div 2,82$ м. Безпосередньо під хвостосховищем рівні алювіального горизонту знаходяться в межах $55,28 \div 53,58$ м, та створюють куполоподібне підвищення в південно-східній його частині. Розтікання підземних вод здійснюється на північ, південь та схід до зони розвантаження.

Основною причиною підняття рівнів ґрунтових вод став підпір потоку підземних вод хвостосховищем «Дніпровське», шламовідстійниками ДКХЗ і

золонакопичувачами ДМК, що заповнювалися одночасно з хвостосховищем. Окрім цього, підняття рівнів сприяли додаткове інфільтраційне живлення, що поступало з промислових майданчиків ПХЗ, ДМК і загальне підняття рівнів води в р. Дніпро (1958р.). В даний час умови, що забезпечують високе положення рівня ґрунтових вод і підтоплення території, збереглися.

Хвостосховище і прилеглі до нього відвали і шламонакопичувачі утруднюють поверхневий стік і забезпечують додаткове інфільтраційне живлення підземних вод.

Завищені відмітки водопропускних споруд на р. Коноплянка піднімають базис розвантаження підземних вод, що зменшує ухили і швидкість потоку підземних вод.

Радіоактивні відходи характеризуються високим ступенем водонасичення. По фізичних властивостях радіоактивні відходи класифікуються переважно як супіски водонасичені, текучої консистенції. Для них характерна шарувата будова з чергуванням різних літологічних прошарків (супіски, суглинки, піски) різного кольору (від біло- і світло-сірого до темно-бурого і чорного) і різної консистенції (від твердої до текучої).

Основу хімічного складу відходів уранового виробництва складають сульфати, оксиди кальцію і кремнію (кварц). Хімічний склад відходів уранового виробництва обумовлений мінеральним складом початкової уранової руди (кварц, польові шпати, гідрослюда, каолінит) у поєднанні з реагентами і продуктами нейтралізації (сірчана і азотна кислота, вапно).

Особливу небезпеку представляє те, що радіоактивні відходи знаходяться у водонасиченому стані. Ступінь заповнення об'єму відходів водою змінюється від 82% до 100 %. У більшій частині об'єму відходів міститься вільна вода, що утворила техногенний водоносний горизонт. Техногенний горизонт сформований в межах чаші та огорожуючих дамб хвостосховища «Дніпровське», а також в прилеглих до нього

шламонакопичувача ДКХЗ та ДМК. Водовміщуючими породами являються радіоактивні відходи, вуглисті та залісті шлами, для яких характерне переважання пилювато-глинистих фракцій з гідрофільними властивостями, що сприяють водонасиченню.

Коефіцієнти фільтрації водовміщуючих радіоактивних відходів змінюються в широких межах від $0,013 \div 0,04$ до $0,59$ м/добу. Коефіцієнти фільтрації ґрунтів, що складають тіло дамб, змінюються в межах від $0,018$ для супісків та суглинків до $0,19 \div 1,8$ м/добу для вуглистих шлаків. Рівнева поверхня техногенного горизонту має куполоподібну форму з підвищенням в центральній та південно-східній частинах, де техногенні рівні перевищують рівні алювіального водоносного комплексу на $3,5 \div 3,9$ м та розтікаються на південь, південний захід та захід в бік р. Коноплянка, а також на південний схід в бік шламонакопичувача ДМК. Різниця фільтраційних характеристик техногенних ґрунтів та алювіальних відкладень обумовлює розрив рівнів техногенного та алювіального водоносних горизонтів.

Хімічний склад води характеризується як високомінералізований, з рН $5,7-8,7$. Ступінь хімічного забруднення техногенних вод характеризується як надзвичайно високий.

У районі хвостосховища утворилися ореоли забруднення підземних вод в результаті водної міграції хімічних компонентів і радіонуклідів. Ореол забруднення досягає річок Коноплянка і Дніпро, де відбувається розвантаження забруднених підземних вод в поверхневі води.

Як зазначено в державній програмі «Приведення небезпечних об'єктів виробничого об'єднання "Придніпровський хімічний завод" в екологічно безпечний стан і забезпечення захисту населення від шкідливого впливу іонізуючого випромінювання на 2005-2014 роки», хвостосховища є джерелом забруднення підземних вод на відстані 370-860 метрів від їх контуру, річний винос природних радіонуклідів з водами р. Коноплянка у р. Дніпро

становить: уран - $238-5,5 \times 10^{10}$ Бк; радій - $226-1,9 \times 10^{10}$ Бк; свинець - $210-4,4 \times 10^{10}$ Бк; полоній - $210-8,8 \times 10^9$ Бк; торій - $230-5,5 \times 10^9$ Бк. Річний винос природних радіонуклідів з підземними водами в р. Дніпро становить: уран - $238-1,6 \times 10^8$ Бк; радій - $226-2,5 \times 10^7$ Бк; свинець - $210-1,5 \times 10^6$ Бк; полоній - $210-1 \times 10^7$ Бк; торій - $230-2,5 \times 10^7$ Бк.

Всі хвостосховища на даній території, виключаючи «Дніпровське», розташовані в ярах, якими інтенсивно прорізаний правий борт долини р. Дніпро. Хвостосховища правобережжя сформовані в ярах, що прорізають з півдня на північ алювіальну терасу Дніпра, складену в нижній частині пісками, у верхній частині - лесовидними суглинками палевого, жовто-бурого, бурого кольору. Колір пісків від сірувато-бурого, сірувато-жовтого до світло-сірого. Потужність пісків складає 4-5 м. Підстилають алювіальні піски, галечники і валунно-галечникові осідання платогранітів Дніпровського комплексу архея. Ці граніти виходять на поверхню в правому борту р. Коноплянка, де вони розробляються кар'єром «Тритузний».

Невдало вибране місце формування хвостосховища «Дніпровське» привело до забруднення підземних алювіальних вод і поверхневих вод р. Дніпро і Коноплянки, забрудненню рекреаційних зон м. Дніпродзержинська, Таромське, Сухачівка, Карнаухівка і значно посилило і без того дискомфортну екологічну ситуацію правобережжя р. Дніпро.

З півночі і північного сходу до р. Коноплянка примикають хвостосховище «Дніпровське», захисні дамби, відвали промислових відходів, з південного сходу до р. Коноплянка примикає гранітний кар'єр «Тритузний» глибиною до 45 м та відстійники. На захід від досліджуваної території розташовані промислові підприємства та житлова забудова м. Дніпродзержинськ, на південний схід - населені пункти Карнаухівка і Таромське.

В межах хвостосховищ відбувається міграція радіонуклідів з товщі відходів уранового виробництва і надходження їх в підземні води. Сумарний показник забруднення радіонуклідами змінюється від 0,68 до 3,24 Бк/дм³, що характеризує підземні води майже повсюдно як радіоактивно забруднені. Основний вклад в сумарний показник радіонуклідного забруднення підземних вод вносять полоній-210 та свинець-210.

Радіонуклідний склад алювіального горизонту свідчить про його повсюдне забруднення в районі розташування хвостосховища «Дніпровське» і непридатності для господарсько-питного користування та вказує на зростання радіонуклідів і сумарного показника забруднення в межах чаші хвостосховища «Дніпровське» і на різке зниження показників нижче по потоку підземних вод, відразу за межами хвостосховища. Зниження концентрацій радіонуклідів у воді нижче по потоку підземних вод свідчить про невеликі об'єми радіоактивного забруднення, що поступають від хвостосховища. Високі концентрації радіонуклідів за межами хвостосховищ свідчать про формування радіонуклідного забруднення вод алювіального комплексу і за межами хвостосховищ.

Незначна водна міграція радіонуклідів зв'язана з наявністю зони аерації (потужністю 7,4÷13,4 м) під хвостосховищем, що утруднює міграцію радіонуклідів за рахунок їх адсорбції в лесових глинистих ґрунтах. В цілому хімічний і радіонуклідний склад підземних вод характеризує їх екологічний стан як незадовільний.

Підземні води в районі розташування хвостосховищ «Дніпровське», впливають на склад поверхневих вод р. Дніпро і р. Коноплянка. Одним з основних джерел хімічного і радіонуклідного забруднення підземних алювіальних вод в заплаві р. Коноплянка є хвостосховище «Дніпровське».

Також в р. Коноплянка скидаються дренажні води з території промислової зони та правобережної частини м. Дніпродзержинськ.

Окрім розвантаження в р. Коноплянка забруднених підземних вод, в річку скидаються промислові, злизові і побутові стоки, атмосферними опадами змиваються компоненти забруднення з денної поверхні і осідання забруднюючих речовин викидів в атмосферу. У Коноплянку проводиться скидання зливових вод з промислових майданчиків підприємств (колектори 1÷5 ДП «Амофос»), промислових вод ВАТ «ДніпроАЗОТ», ДП «Екоантилід», ДП «Смоли», ДНВП «Цирконій». У р. Коноплянка і далі в р. Дніпро розвантажуються підземні радіоактивно-забруднені води з-під хвостосховищ відходів уранового виробництва.

У р. Коноплянку і далі в р. Дніпро розвантажуються підземні радіоактивно забруднені води від хвостосховищ відходів уранового виробництва.

Радіонуклідний склад річкової води р. Коноплянка за наслідками досліджень, виконаних в попередні роки, характеризується складом:

урану - $0,49 \div 1,77$ Бк/дм³ (Кс до 0,18);

радію-226 - $0,15 \div 0,26$ Бк/дм³ (Кс =0,15-0,26);

торію-230 - $0,05 \div 0,1$ Бк/дм³ (Кс =0,05-0,1);

свинцю-210 - $0,37 \div 0,63$ Бк/дм³ (Кс =0,74-1,26);

0

полонію-210 - $0,07 \div 0,14$ Бк/дм³ (Кс =0,35-0,7);

10

що, згідно НРБУ-97, не перевищує допустимих значень. Сумарний показник забруднення радіонуклідами змінюється від 1,42 до 2,22 Бк/дм³, що

перевищує допустимі значення для питної води та дає підстави вважати р. Коноплянку повсюдно забрудненою радіонуклідами.

У той же час, значні концентрації свинцю-210 і полонію-210 відмічено за межами створу хвостосховища, що свідчить і про інші джерела радіонуклідного забруднення води р. Коноплянка.

Вода р. Коноплянка не придатна для питних і рекреаційних цілей. Вона може бути обмежено використана для технічних цілей.

Особливий інтерес представляє прогноз радіоактивного забруднення р. Коноплянка та р. Дніпро у випадку надзвичайної ситуації на хвостосховища Дніпровське, в результаті якого в р. Коноплянка можуть потрапити радіоактивні води з цього хвостосховища. Це створить небезпеку з точки зору радіоактивного забруднення р. Дніпро, який є важливим джерелом водопостачання.

Математична модель

Для моделювання гідродинаміки течії водного потоку в умовах потоку в даній роботі використовується пакет програм «*РУСЛО*». Цій пакет реалізує гідродинамічну модель нев'язкої нестискуваної рідини. В цьому випадку для розрахунку поля швидкості необхідно вирішити рівняння для потенціалу швидкості, а потім виконати розрахунок компонент вектора швидкості водного потоку.

При чисельній інтеграції використовуватимемо прямокутну різницеву сітку. Значення потенціалу швидкості P визначатимемо в центрах різницевих вічок, а величину компонент швидкості — на гранях контрольних об'ємів. Оскільки розглядається процес перенесення радіоактивної речовини в умовах потоку у руслі складної форми, то для створення універсального

алгоритму рішення задачі, що дозволяє швидко змінити форму розрахункової області, застосовується метод маркування розрахункової області.

Процес руху водного середовища, в рамках моделі перебігу нев'язкої нестискуваної рідини, можливо бути описаний за допомогою рівняння Лапласа:

$$\frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial z^2} = 0 \quad (1)$$

де P – потенціал швидкості.

Компоненти вектора швидкості потоку визначаються так:

$$u = \frac{\partial P}{\partial x}, \quad v = \frac{\partial P}{\partial y}, \quad w = \frac{\partial P}{\partial z} \quad (2)$$

Якщо використовувати ідею встановлення вирішення по часу, то замість рівняння Лапласа слід чисельно інтегрувати наступне рівняння:

$$\frac{\partial P}{\partial \eta} = \frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial z^2} \quad (3)$$

де η – фіктивний час.

При $\eta \rightarrow \infty$ вирішення рівняння (3) буде прагнути до «встановлення», тобто до вирішення рівняння (1).

Позмінно-трикутний метод А.А. Самарського для чисельного інтегрування даного рівняння має вигляд:

$$\begin{aligned} \frac{P_{i,j,k}^{n+1/2} - P_{i,j,k}^n}{0,5\Delta\eta} = & \frac{P_{i+1,j,k}^n - P_{i,j,k}^n}{\Delta x^2} + \frac{-P_{i,j,k}^{n+1/2} + P_{i-1,j,k}^{n+1/2}}{\Delta x^2} + \frac{P_{i,j+1,k}^n - P_{i,j,k}^n}{\Delta y^2} + \\ & + \frac{-P_{i,j,k}^{n+1/2} + P_{i,j-1,k}^{n+1/2}}{\Delta y^2} + \frac{P_{i,j,k+1}^n - P_{i,j,k}^n}{\Delta z^2} + \frac{-P_{i,j,k}^{n+1/2} + P_{i,j,k-1}^{n+1/2}}{\Delta z^2}, \end{aligned}$$

$$\frac{P_{i,j,k}^{n+1} - P_{i,j,k}^{n+1/2}}{0,5\Delta\eta} = \frac{P_{i+1,j,k}^{n+1} - P_{i,j,k}^{n+1}}{\Delta x^2} + \frac{-P_{i,j,k}^{n+1/2} + P_{i-1,j,k}^{n+1/2}}{\Delta x^2} + \frac{P_{i,j+1,k}^{n+1} - P_{i,j,k}^{n+1}}{\Delta y^2} +$$

$$+ \frac{-P_{i,j,k}^{n+1/2} + P_{i,j-1,k}^{n+1/2}}{\Delta y^2} + \frac{P_{i,j,k+1}^{n+1} - P_{i,j,k}^{n+1}}{\Delta z^2} + \frac{-P_{i,j,k}^{n+1/2} + P_{i,j,k-1}^{n+1/2}}{\Delta z^2}.$$

На кожному дрібному кроці невідома визначається по явній схемі рахунку, що протікає. Розрахунок по даним, різницеvim рівнянням закінчується при виконанні умови:

$$\left| P_{i,j,k}^{n+1} - P_{i,j,k}^n \right| \leq \varepsilon$$

де ε – мале число; n – номер ітерації (кількість кроків по «часу»).

Гранична умова не протікання на твердих стінках реалізується шляхом застосування фіктивних різницеvim комірок.

Компоненти вектора швидкості потоку на гранях контрольного об'єму визначаються по формулам:

$$u_{i,j,k} = \frac{P_{i,j,k} - P_{i-1,j,k}}{\Delta x}, \quad v_{i,j,k} = \frac{P_{i,j,k} - P_{i,j-1,k}}{\Delta y}, \quad w_{i,j,k} = \frac{P_{i,j,k} - P_{i,j,k-1}}{\Delta z}$$

Як відомо, в різницеvom вигляді рівняння Лапласа можна також записати також у вигляді:

$$\frac{P_{i+1,j,k} - 2P_{i,j,k} + P_{i-1,j,k}}{\Delta x^2} + \frac{P_{i,j+1,k} - 2P_{i,j,k} + P_{i,j-1,k}}{\Delta y^2} + \frac{P_{i,j,k+1} - 2P_{i,j,k} + P_{i,j,k-1}}{\Delta z^2} = 0$$

Звідси можна визначити невідому величину $P_{i,j,k}$ по формулі:

$$P_{i,j,k} = \left[\frac{P_{i+1,j,k} - P_{i-1,j,k}}{\Delta x^2} + \frac{P_{i,j+1,k} - P_{i,j-1,k}}{\Delta y^2} + \frac{P_{i,j,k+1} - P_{i,j,k-1}}{\Delta z^2} \right] / A$$

$$\text{де } A = \left(\frac{2}{\Delta x^2} + \frac{2}{\Delta y^2} + \frac{2}{\Delta z^2} \right).$$

Дана різницева схема (метод Лібмана) також застосовується для чисельного вирішення поставленої задачі.

Застосування розглянутих різницевих схем при проведенні розрахункового експерименту дає можливість внутрішнього контролю над ходом розрахунків.

РОЗДІЛ 2 ЧИСЕЛЬНЕ ІНТЕГРУВАННЯ РІВНЯННЯ ПЕРЕНОСУ РАДІОАКТИВНОЇ РЕЧОВИНИ

Розсіювання радіоактивної речовини описується наступним рівнянням переносу:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} + \frac{\partial wC}{\partial z} + \sigma C = \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu \frac{\partial C}{\partial z} \right) + \sum q_i(t) \delta(r - r_i)$$

де C – концентрація радіоактивної речовини;

u, v, w – компоненти вектора швидкості водного середовища;

$\mu = (\mu_x, \mu_y, \mu_z)$ – коефіцієнти турбулентної дифузії;

t – час;

σ – коефіцієнт, що враховує хімічний розпад домішок;

$r_i = (x_i, y_i, z_i)$ – координати джерела викиду токсичної речовини;

q_i – потужність викиду токсичної речовини;

$\delta(r - r_i), \delta(r - r_j)$ – дельта-функція Дирака.

Компоненти вектора швидкості визначаються на першому етапі вирішення задачі – шляхом інтегрування рівняння виду (1) або (3).

Виконаємо наступне фізичне розщеплення рівняння переносу речовини при інтегруванні на часовому кроці dt :

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial uc}{\partial x} + \frac{\partial vc}{\partial y} + \frac{\partial wc}{\partial z} + \sigma c = 0$$

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu \frac{\partial c}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu \frac{\partial c}{\partial z} \right)$$

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \sum q_i(t) \delta(r - r_i)$$

Перше рівняння з даної системи описує процес переносу речовини під дією течії, друге рівняння – під дією дифузії, а третє - зміна концентрації під дією джерел емісії.

При рішенні задач, у випадку скидання радіоактивних вод у річку з хвостосховища, вхідні дані містять у собі: витрату води в річці Q_p , ширину річки B , середню глибину H , витрату забруднюючих вод $Q_{ст}$, параметр звивистості, концентрацію радіоактивних домішок в водах $\phi_{ст}$, фонову концентрацію радіоактивних домішок в річці ϕ_e , форму русла річки.

Результати моделювання

В даній роботі був проведений обчислювальний експеримент по прогнозуванню рівня забруднення р. Коноплянка у випадку потрапляння в неї радіоактивного забруднення від хвостосховища Дніпровське у випадку надзвичайної ситуації – появи прорани у хвостосховищі та потрапляння забруднених вод в р. Коноплянка.. Для моделювання використовувалось рівняння потенціальної течії і рівняння переносу домішок, що розглянуті вище.

Для моделювання використовувались вихідні дані надані інститутом Дніпрогіпродхоз.

На наступних рисунках показана зона забруднення р. Коноплянка для 3-х моментів часу: 10 хвилин після аварії, 20 хвилин після аварії і 30 хвилин після аварії.

На наступних рисунках показана зона забруднення р. Коноплянка для 9-ти моментів часу: 10 хвилин після аварії, 20 хвилин після аварії, 30 хвилин після аварії, 40 хвилин після аварії, 50 хвилин після аварії, 60 хвилин після аварії, 70 хвилин після аварії, 80 хвилин після аварії та 90 хвилин після аварії.



Рис. 2.1. Зона забруднення акваторії
(10 хвилин після аварії)



Рис. 2.2. Зона забруднення акваторії
(20 хвилин після аварії)

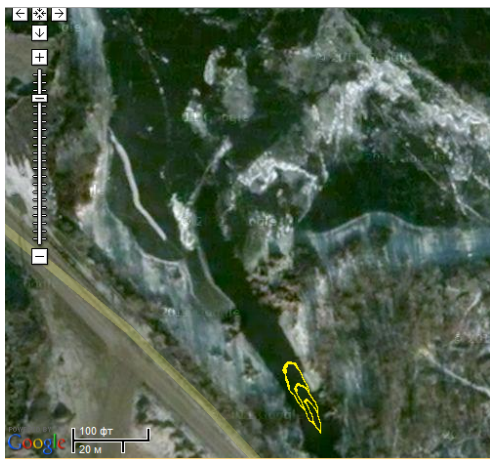


Рис. 2.3. Зона забруднення акваторії
(30 хвилин після аварії)



Рис. 2.4. Зона забруднення акваторії
(40 хвилин після аварії)

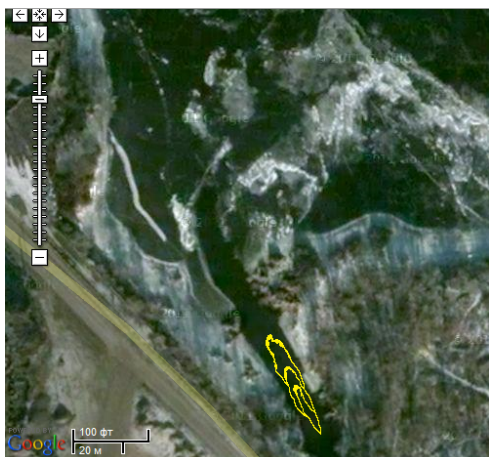


Рис. 2.5. Зона забруднення акваторії
(50 хвилин після аварії)

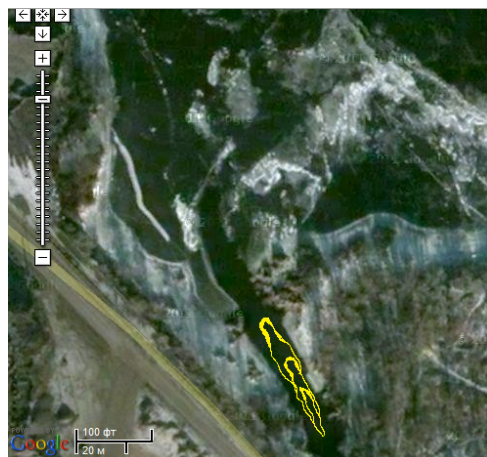


Рис. 2.7. Зона забруднення акваторії
(60 хвилин після аварії)

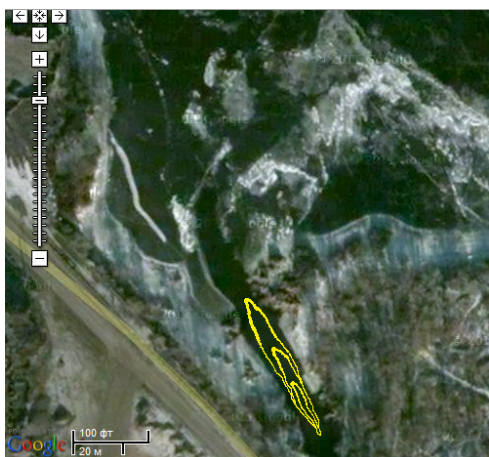


Рис. 2.8. Зона забруднення акваторії
(70 хвилин після аварії)

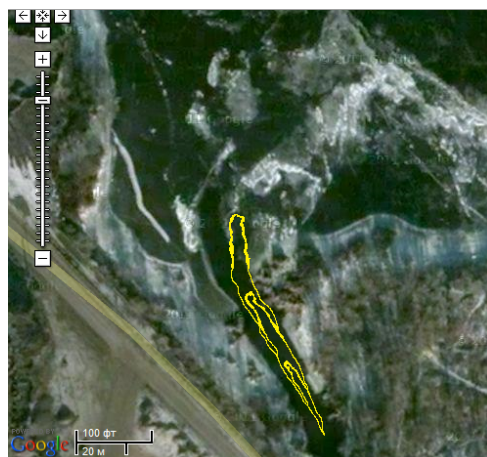


Рис. 2.9. Зона забруднення акваторії
(80 хвилин після аварії)



Рисунок 2.10. Зона забруднення акваторії (90 хвилин після аварії)

Як видно з даних рисунків, з плином часу зона забруднення витягується у вигляді язика. Розрахунки показали, що приблизно через 1,5 години після аварії зона радіоактивного забруднення досягне р. Дніпро і почнеться радіоактивне забруднення головної водної артерії України.

На наступних рисунках показана зона радіоактивного забруднення р. Дніпро у випадку аварії на хвостосховищі. Тут показана зона забруднення для 8-ми моментів часу.



Рис. 2.11. Зона забруднення акваторії
(100 хвилин після аварії)



Рис. 2.12 Зона забруднення акваторії
(110 хвилин після аварії)



Рис. 2.13 Зона забруднення акваторії
(120 хвилин після аварії)



Рис. 2.14 Зона забруднення акваторії
(130 хвилин після аварії)



Рис. 2.15. Зона забруднення акваторії
(140 хвилин після аварії)



Рис. 2.16 Зона забруднення акваторії
(150 хвилин після аварії)



Рис. 2.17. Зона забруднення акваторії
(160 хвилин після аварії)

Рис. 2.18 Зона забруднення акваторії
(170 хвилин після аварії)

Ми бачимо, що з плином часу зона забруднення витягується вздовж берега і забруднює здебільшого акваторію на відстані 200 м від берега.

В табл. 2.1 наведено значення концентрації в точці розташування рецептору (рис.2. 5, точка А). Оскільки розрахунок здійснювався в безрозмірному вигляді, то прогнознi данні наведені також в безрозмірному вигляді.

Таблиця 2.1 Значення концентрації в точці розташування рецептору

t, хв.	C (у безрозмірному вигляді),%
80	10% (від початкової)
120	43%
140	67%
150	83%

Як видно з табл. 2.1, досить швидко в точці розташування рецептору (вихід в р. Дніпро) збільшується концентрація радіоактивних речовин. Тобто радіоактивні речовини почнуть потрапляти в акваторію р. Дніпро та створювати загрозу забруднення такого важливого джерела водопостачання .

Окрім методу чисельного моделювання, який був застосований (пакет «РУСЛО»), в роботі також використовувався метод ВОДГЕО. Цей метод використовувався для експрес оцінки рівня радіоактивного забруднення р. Коноплянки у випадку аварійної ситуації. Для прогнозу використовувались вихідні данні, які були отримані у «Дніпродіпроводгосп». При прогнозі передбачалось, що рівень радіоактивного забруднення води, яка потрапляє зі сховища у р. Коноплянка, дорівнює 100%. Тобто розрахунок виконувався у безрозмірному вигляді, оскільки використання даних в розмірному вигляді відносно радіоактивного забруднення вод на місці аварії не було можливим.

В табл. 3 наведені прогнозні данні відносно радіоактивного забруднення р. Коноплянки у випадку аварійної ситуації.

Таблиця 2.2. Результати розрахунку по методу ВОДГЕО

Відстань, м	Концентрація, %
100	35,38
200	28,56
300	24,97
400	22,67
500	21,04

Як видно з табл.2.2, на відстані порядку 500 м від місця скиду забруднених вод рівень радіоактивного забруднення р. Коноплянка знизиться приблизно в 5 разів. Але слід відзначити, що метод ВОДГЕО є достатньо «грубим», оскільки він не враховує форму русла річки. Крім цього, даний метод не дозволяє врахувати нестационарність процесу потрапляння радіоактивних речовин в р. Коноплянку у випадку надзвичайних ситуацій.

РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ФІЗИЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

Для зменшення рівня забруднення річки пропонується використання захисної стінки. Ця стінка встановлюється в водотоку. Дослідження ефективності використання захисної стінки проводився в лабораторії дослідження руслових потоків на кафедрі «Гідравліки та водопостачання». Модель стінки була виготовлена з пінопласту. Модель встановлювалась в середині лотка та з'єднувалась з моделлю насосної станції що здійснює водозабір з річки. В потік надавалась сіль. Концентрація солі на водозаборі вимірювалась за допомогою приладу (рис.3.1.)



Рисунок 3.1 Прилад TDS-3 для вимірювання концентрації солі, що використовувалася для експерименту

Для вимірювання швидкості потоку в руслі використовувалась трубка Піто



Рисунок 3.2 Модель стінки в руслі річки та водозабіру

В моделі русла була розташована модель водозабіру. Цей водозабір мав всмоктуючи трубу.



Рисунок 3.3. Підготовка моделі захисної стінки до експерименту

В середині водозабору знаходилась всмоктуюча труба насосної станції першого ступеню.

На рисунку всмоктуюча труба має зелений колір. Насосна станція першого ступеню показана червоним кольором . для визначення ефективності використання такого водозабору потрібно визначити яка буде концентрація домішки в середині водозабору, а саме – там де розташована всмоктуюча труба насосної станції першого ступеню. Якщо концентрація домішки в цьому місці буде мала, то водозабір виконує захисну функцію та в систему водопостачання буде потрапляти незначна кількість забрудненої води. Але концентрація домішки всередині водозабору буде залежить від швидкості течії в руслі. Ця швидкість буде різною для різних сезонів року.

Експеримент проводився наступним чином:

1. З баку подавалась вода в русло річки.
2. Вимірювалась середня швидкість течії в руслі.
3. Подавався розчин солі в русло річки на довжині 20см від водозабору.
4. Вимірювалась концентрація солі перед входом в водозабір та в водозаборі.
Вимір здійснювався для різних моментів часу .
5. Змінювалась витрата води в річці. Тобто змінювалась середня швидкість течії.
6. Повторювались виміри .
7. Експеримент повторювався для нової висоти стінки водозабору.

Використовувались стінки висотою 6 см та 8 см . Також при проведенні експерименту змінювалась швидкість течії річки ,більшає швидкість моделювала течію в період паводку .

Результати експериментальних досліджень приставлені нижче в таблицях.

Таблиця 3.1. Значення концентрації домішки при роботі водозабору (середня швидкість потоку 3,3 см/с, висота стінки 8см)

Час	11с	21с	26с	32с
Перед входом на водозабір	4%	7%	9%	6%
На водозаборі	0%	2%	4%	4%

Таблиця 3.2. Значення концентрації домішки при роботі водозабору (середня швидкість потоку 4,5см/с, висота стінки 8см)

Час	11с	21с	26с	32с

Перед входом на водозабір	2%	4%	7%	3%
На водозаборі	0%	1%	2%	1%

В таблицях що представлені нижче приведені дані експерименту

Таблиця 3.3. Значення концентрації домішки при роботі водозабору (середня швидкість потоку 3,1 см/с, висота стінки 6см)

Час	11с	21с	26с	32с
Перед входом на водозабір	7%	9%	12%	9%
На водозаборі	2%	5%	5%	3%

Таблиця 3.4. Значення концентрації домішки при роботі водозабору (середня швидкість потоку 4,6см/с, висота стінки 8см)

Час	11с	21с	26с	32с
Перед входом на водозабір	4%	6%	10%	8%
На водозаборі	0%	3%	4%	2%

Таблиця 3.5. Значення концентрації домішки при роботі водозабору (середня швидкість потоку 6,5см/с, висота стінки 8см)

Час	11с	21с	26с	32с
Перед входом на водозабір	1%	3%	6%	7%
На водозаборі	0%	1%	3%	1%

Аналізуючи данні що наведені в таблицях можна бачити, що використання захисної стінки в руслі дозволяє зменшити концентрацію домішки в місці розташування всмоктуючої труби насосної станції першого ступеня .

ВИСНОВКИ

1. Виконаний аналіз проблеми хвостосховищ з радіоактивними відходами біля м. Каменське.
2. Побудована математична модель гідродинаміки та поширення радіоактивних забруднень акваторії р. Коноплянка і р. Дніпро;
3. На основі побудованої моделі виконаний прогноз динаміки забруднення р. Коноплянка та р. Дніпро у випадку аварії на хвостосховищі база «Д»;
4. На основі метода ВОДГЕО виконаний експрес-прогноз радіоактивного забруднення р. Коноплянка;
5. Розрахунки показали, що у випадку аварії на хвостосховищі база «Д» може відбутися інтенсивне забруднення акваторії рік.
6. Проведені експериментальні дослідження, що показали зменшення забруднення води на водозабірі, якщо використовується захисна стінка.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Коровин В.Ю., Коровин Ю.Ф., Кошик Ю.И., Шматков Г.Г. и др. Проблема радиоактивного загрязнения территории в результате переработки урановых руд.//Наукові та технічні аспекти міжнародного співробітництва в Чорнобилі. – К., 2001. – с. 461 – 476.
2. Шматков Г.Г., Кошик Ю.И., Коровин Ю.Ф. и др. радиоактивное загрязнение территории в результате переработки урановых руд.//III Всеукр. науч.-метод. конф. «Экология и инженерия. Состояние, последствия, пути создания экологически чистых технологий» Днепродзержинск, 23 – 26 окт., 2000 г., сб. техн. докл. ДзГТУ. – с. 191 – 193.
3. Сорока Ю.Н. Особенности развития радиоэкологического мониторинга окружающей среды на урановых объектах. – Сб. науч. тр. Национального горного университета. – №14. – Т.1. – с. 159 – 167
4. Титаева Н.А. Необходимость мониторинга естественных радионуклидов в районах заброшенных промышленных производств// Мат. меж. конф. «Биорад – 2001» - Сыквырнар, 2001. – с.172.
5. Лаврова Т.В., Зайченко О.Ю., Дворецкий А.І., Білоконь Г.С. Природна радіоактивність води Дніпровського водосховища//Мат-лы Международной научно-практ. конф. мол. ученых «Проблемы аквакультуры и функционирования водних экосистем». – К., 25 – 28 февраля 2002 г. – с. 60 – 161.
6. Рыбалка В.Б., Горовой Л.Ф., , Сенюк О.Ф. Косяков В.Н. Возможности хитиновых биосорбентов в решении технологических проблем очистки

жидких радиоактивных отходов. Наукові праці. Том 116. Випуск 103, с. 101 – 107

7. Мясоедова Г.В., Никашина В.А. Сорбционные материалы для извлечения радионуклидов из водных сред. Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева, 2006, т. L, №5. с 55-63.
8. <http://zeomix.ru/home/natural-zeolite-ecology/water-and-soil-from-radionuclides-and-heavy-metals.html>
9. А.Ю. Андрющенко, К.Н. Беликов, Н.И. Шевцов. Применение Na-морденита и гидроксилпатита в сорбционно-сцинтиляционном определении Sr-90 Методы и объекты химического анализа, 2011, т.6, №3, с.143 – 148
- 10.** Біляєв М.М., Багрій В.М., Дуднікова І.І. Моделювання і прогнозування стану довкілля: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ 2010 р.