

**ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЛЬТРАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ  
МІСЦЕВИХ ГРУНТІВ З ЯКИХ СПОРУДЖУЮТЬСЯ  
ОГОРОДЖУВАЛЬНІ ДАМБИ**

**Хлапук М.М., д.т.н., професор, Шинкарук Л.А., к.т.н., доцент,  
Корнійчук В.І., аспірант**

*Національний університет водного господарства та  
природокористування, м. Рівне*

**Катастрофічні наслідки** від затоплення паводковими водами пролягають на 27% території України. Найбільшої шкоди зазнають гірські та передгірські райони Українських Карпат (Закарпатська, Івано-Франківська, Львівська, Чернівецька області), Полісся (Волинська, Рівненська області), придунайські та придніпровські території, а також Донбас. Повені і паводки наносять значних збитків промисловості, сільському господарству і населенню прикарпатських областей і Закарпатської області України. Їх причина полягає в особливості природних умов Карпат і прилеглих територій, а також господарській діяльності людини в цьому регіоні.

Територія Закарпатської області за географічним положенням та кліматичними умовами належить до зони розвинутої зливової діяльності, де протягом року неодноразово за короткі проміжки часу рівень опадів досягає 100 і більше міліметрів, що є причиною формування значних, часто катастрофічних за своїми наслідками паводків. Дощові та сніго-дощові паводки відзначаються частотою, інтенсивністю перебігу та одночасним охопленням великих площ.

На протязі року в Карпатах спостерігається декілька дощових паводків, в окремі багатоводні роки – від 5-8 до 20-23 [1]. В останні роки повені набули катастрофічного характеру і призвели до затоплення великих сільськогосподарських територій і населених пунктів. Так катастрофічна повінь 1998 року на Закарпатті нанесла збитків на 810 млн. грн., а 2001 року – на 318 млн. грн. [1]. Тому, гостро постає питання захисту прилеглих до річок територій від затоплення. Результати аналізу причин виникнення надзвичайних ситуацій з катастрофічними наслідками, зумовлених підняттям рівня води в р. Тисі та її притоках у Закарпатській області, свідчать про необхідність комплексного підходу до розв'язання цієї проблеми.

**Заходи по захисту** передгірських і низинних територій Закарпаття

від повеней найбільш повно розроблені в "Схемі комплексного проти-паводкового захисту в басейні р. Тиси у Закарпатській області на 2006 - 2015 роки" [2]. Мета програми полягає у створенні цілісного комплексу захисних та регулюючих споруд у басейні р. Тиси для забезпечення захисту населених пунктів, виробничих об'єктів і сільськогосподарських угідь від шкідливої дії вод та створення безпечних умов для життєдіяльності населення. Згідно Схеми, передбачається проведення реконструкції існуючих і будівництво нових огорожувальних дамб по захисту територій і населених пунктів, кріплення берегів річок. Дамби обмежують розповсюдження поверхневих вод: зливових і талих.

**Огороджувальна дамба** в системі протипаводкового захисту є найбільш дорогим і трудомістким елементом, найбільше підлягає небезпеці пошкодження. Для її спорудження необхідні значні об'єми ґрунтового матеріалу, який можливо добувати з місцевих кар'єрів у долинах Карпатських річок. Конструкція дамби обвалування залежить від її висоти, ґрунту основи та тіла дамби, інженерно-геологічних умов (рис.1).

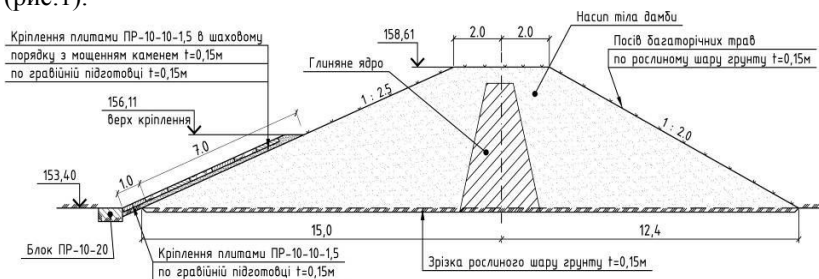


Рис.1. Поперечний переріз огорожувальної дамби

Основною особливістю (та відмінністю від земляних гребель) огорожувальних дамб є те, що вони утримують розрахунковий рівень води короткочасний період – час проходження паводку розрахункової забезпеченості. Для умов річок Українських Карпат цей термін не перевищує, як правило 3 діб. В деяких випадках можуть формуватися паводки із видовженими гідрографами, хоча і не максимальної витрати. В таких випадках, незважаючи на напори, нижчі за розрахункові, доцільно виконати фільтраційні розрахунки.

Другою особливістю огорожувальних дамб, яка суттєво впливає на її роботу, є те, що фільтрація, яка виникає під час проходження паводка, має нестационарний характер. При короткочасному паводку та достатньо низькому коефіцієнті фільтрації ґрунту тіла дамби просочення води на низовий укіс може і не відбутися. В цьому випадку при відпо-

відних характеристиках ґрунту та діючих градієнтах напору відбуватиметься внутрішня суфозія, яка може призвести до зміни профілю дамби.

В залежності від конструкції дамби та її елементів, від складу ґрунтів тіла та основи, їх суфозійних характеристик, при дії фільтраційного потоку на споруду можуть виникати фільтраційно-суфозійні деформації як в тілі дамби і її основі, так і в окремих конструктивних елементах.

**Спеціалістами кафедр гідротехнічних споруд** Національного університету водного господарства та природокористування було виконано дослідження фізико – механічних та фільтраційних властивостей ґрунтів з долини р. Тересви для обґрунтування їх використання при спорудженні протипаводкових огорожувальних дамб. Проби ґрунтів були відібрані з різних ділянок вздовж р.Тересви на довжині 33км з глибини 0-0,5м. Ділянки знаходяться біля населених пунктів (рис.2): Ділянка №1 – с. Дубове; Ділянка №2 –с. Ганичі; Ділянка №3 – с. Тересове; Ділянка №4 – с. Тересва; Ділянка №5 – с.Бедевля.

Згідно проведеного ситового аналізу наданих 47-ми зразків ґрунтів, вони були класифіковані за гранулометричним складом за ДСТУ Б В.2.1-2-96 "ґрунти. Класифікація". Більшість ґрунтів відносяться до великоуламкових галечникових, з високим ступенем неоднорідності (табл. 1)  $C_U = 30 \dots 120$  і середнім діаметром фракцій 7...80мм. Винятком, є проби відібрані на глибинні 0,2-0,3м біля с. Дубове (ділянка №1,  $C_U = 10$ ;  $d_{50}=0,91$ мм) та с. Тересва (ділянка №4,  $C_U = 27,7$ ;  $d_{50}=7,29$ мм), які відносяться до пісків гравіюватих, неоднорідних.

**Несуфозійний ґрунт** – ґрунт, в якому механічна суфозія неможлива, тобто, навіть при дії значних градієнтів напору винос мілких частинок з ґрунту відбуватися не буде. У суфозійних ґрунтах механічна суфозія може виникати і розвиватись при досягненні критичних швидкостей фільтрації. Суфозійність дослідних зразків ґрунтів визначено за методикою запропонованою ВНДІГ (Всесоюзний науково – дослідний інститут гідротехніки ім. Б.Є. Веденєєва) [3]. Практика показує, що при виносі з ґрунту мілких частинок не більше 3-5% від маси міцність та стійкість ґрунту практично не порушується. Відповідно, практично несуфозійним ґрунтом можна вважати такий ґрунт, з якого можуть бути винесені найменші частки не більше 3 – 5% від ваги. Ґрунт слід рахувати (по геометричному критерію) практично несуфозійним, якщо його параметри задовольняють наступній умові

$$\frac{d_5}{d_{17}} \geq N, \quad N = 0,326\sqrt{C_u}(1 + 0,05C_u) \frac{n}{1-n}, \quad (1)$$

де  $d_5, d_{17}$  – діаметр частинок ґрунту, менше яких у його складі міститься

ся, відповідно, 5 та 17% за масою, см;  $C_u$  - коефіцієнт неоднорідності ґрунту;  $n$  - пористість ґрунту, в долях одиниці. Якщо умова (1) не виконується, то ґрунт слід рахувати суфозійним.

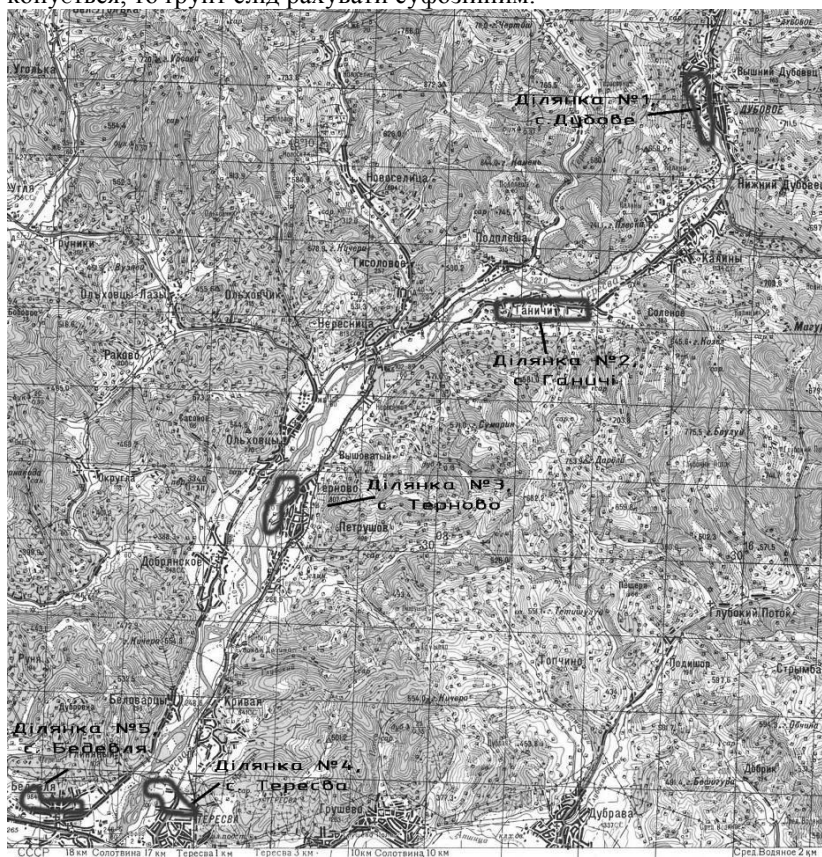


Рис. 2. План – схема розташування ділянок відбору проб ґрунтів на р. Тересва

Механічна суфозія в піщано-гравійних ґрунтах буде розвиватися тоді, коли у його складі є частинки діаметром меншим за діаметр найбільшого фільтраційного ходу в ґрунті  $d_0^{max}$ , при швидкостях фільтрації більших за критичну  $V > V_{кр}$ . Частинки ґрунту, що мають розміри менші від діаметра найбільшого фільтраційного ходу в ґрунті, називаються суфозійними, так як можуть бути винесені фільтраційним потоком з ґрунту. Відповідно

$$d_{ci} < d_0^{макс}, \quad (2)$$

де  $d_{ci}$  – діаметр суфозійних часток.

Розрахунковий діаметр фільтраційних пор в незв'язних ґрунтах  $d_0$  визначено за формулою [3]

$$d_0 = C \frac{n}{n-1} d_{17}, \quad (3)$$

де  $C = 0,455\sqrt{C_u}$ .

Діаметр максимального фільтраційного ходу визначено за наступною залежністю (з урахуванням сегрегації ґрунту)

$$d_0^{макс} = \chi d_0 = \chi C \frac{n}{n-1} d_{17}, \quad (4)$$

де  $\chi$  - коефіцієнт нерівномірності розміщення частинок в ґрунті або коефіцієнт локальності суфозії.

Максимальну крупність частинок  $d_{ci}^{макс}$ , які можуть переміщуватись в ґрунті і можуть бути винесені з нього при незахищеному виході, тобто за відсутності зворотного фільтру та інших захисних заходів, знайдено по залежності

$$d_{ci}^{макс} \leq 0,77 d_0^{макс}. \quad (5)$$

Результати розрахунків та характеристики скелету зразків ґрунтів наведені в табл. 1.

Для встановлення чи заповнює всі порожнечі між крупними фракціями мілкий заповнювач були проведені дослідження по визначенню коефіцієнту розсуву зерен  $k_{розс}$ . Коефіцієнт розсуву зерен характеризує надлишок мілкого заповнювача порожнеч між крупними фракціями. В ємність об'ємом  $30 \text{ дм}^3$  засипали пробу ґрунту і ущільнювали методом вібрування. Поява крупних фракцій на поверхні ґрунту свідчила, що мілкі зерна не заповнюють повністю проміжки між крупними фракціями.

За наступних дослідів відбирались крупні фракції, доти поки мілкий заповнювач не заповнив всі порожнечі.

При максимальному діаметрі фракції –  $d_{max}=24\text{мм}$  всі порожнечі між крупними фракціями були заповненні мілким заповнювачем.

Результати з дослідження коефіцієнту розсуву зерен, характеристики гранулометричного складу та скелету ґрунту наведені в табл. 2, 3.

Таблиця 1

## Характеристики скелету зразків ґрунтів

№ шурфу	$d_{max}$ , мм	$C_u$	$n$	$d_5$ , мм	$d_{10}$ , мм	$d_{17}$ , мм	$d_{50}$ , мм	$d_0$ , мм	$d_0^{max}$ , мм	$d_{ci}$ , мм	Суф-ть
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ділянка №1 – с. Дубове Тячівського району Закарпатської обл.											
Ш1-1	95,0	81,88	0,21	0,231	0,379	0,833	20,69	0,21	0,82	0,63	+
Ш1-2	104,0	50,10	0,23	0,267	0,429	0,856	12,90	0,22	0,72	0,56	+
Ш1-3	132,0	77,77	0,21	0,303	0,707	1,588	37,66	0,40	1,55	1,19	+
Ш1-4	88,0	43,09	0,24	0,266	0,605	1,929	14,03	0,51	1,56	1,20	+
Ш1-5	64,0	27,69	0,26	0,200	0,373	0,901	7,29	0,25	0,63	0,49	+
Ш1-6	90,0	45,86	0,23	0,253	0,497	1,603	13,50	0,42	1,32	1,02	+
Ш1-7	76,0	58,69	0,22	0,275	0,432	0,663	10,97	0,17	0,59	0,45	+
Ш1-8	80,0	61,11	0,22	0,255	0,399	0,636	10,56	0,16	0,57	0,44	+
Ш1-9	58,0	9,95	0,30	0,125	0,158	0,238	0,91	0,07	0,10	-	-
Ш1-10	96,0	172,26	0,18	0,125	0,280	0,510	37,50	0,12	0,63	0,49	+
Ш1-11	81,0	194,98	0,17	0,157	0,255	0,384	39,21	0,09	0,49	0,38	+
Ш1-12	168,0	206,54	0,17	0,253	0,463	5,555	77,50	1,25	7,27	5,60	+
Ділянка №2 – с. Ганичі Тячівського району Закарпатської обл.											
Ш2-1	102,0	204,29	0,17	0,181	0,299	0,883	45,95	0,20	1,15	0,89	+
Ш2-2	79,0	173,09	0,18	0,148	0,241	0,425	30,45	0,10	0,53	0,41	+
Ш2-3	121,0	101,50	0,20	0,281	0,602	16,028	52,59	3,92	16,96	13,06	+
Ш2-4	94,0	52,49	0,23	0,267	0,522	0,958	15,40	0,25	0,82	0,63	+
Ш2-5	76,0	61,33	0,22	0,186	0,358	0,702	15,79	0,18	0,63	0,49	+
Ш2-6	78,0	30,76	0,25	0,289	0,595	1,160	11,63	0,31	0,84	0,65	+

Продовження таблиці 1

№ шурфу	dmax, мм	Cu	n	d5, мм	d10, мм	d17, мм	d50, мм	d0, мм	d0макс, мм	dсі, мм	Суф-ть
Ш2-7	94,0	153,83	0,18	0,159	0,305	1,954	37,01	0,46	2,35	1,81	+
Ш2-8	83,0	94,82	0,20	0,161	0,307	0,931	21,14	0,23	0,96	0,74	+
Ш2-9	94,0	129,90	0,19	0,161	0,271	0,543	25,44	0,13	0,62	0,48	+
Ділянка №3 – с. Тернове Тячівського району Закарпатської обл.											
Ш3-4	80,0	425,02	0,14	0,077	0,093	0,451	28,775	0,09	0,71	0,55	+
Ш3-5	129,0	19,00	0,27	0,917	4,395	17,32	72,169	4,81	9,39	7,23	+
Ш3-6	120,0	32,95	0,25	0,344	1,401	4,741	32,516	1,28	3,51	2,70	+
Ш3-4а	132,0	26,03	0,26	1,056	3,148	11,092	69,402	3,03	7,63	5,87	+
Ш3-5а	82,0	40,85	0,24	0,285	1,272	4,669	38,034	1,24	3,70	2,85	+
Ш3-6а	129,0	19,63	0,27	0,940	3,996	13,64	65,778	3,78	7,49	5,77	+
Ділянка №4 – с. Терсва Тячівського району Закарпатської обл.											
Ш4-1-2	125,0	78,31	0,21	0,226	0,764	2,495	40,098	0,63	2,43	1,87	+
Ш4-4-10	108,0	116,50	0,19	0,134	0,209	0,314	12,260	0,08	0,35	0,27	+
Ш4-4-11	89,0	53,81	0,23	0,316	0,745	1,720	26,317	0,45	1,49	1,15	+
Ш4-4-12	114,0	49,31	0,23	0,283	0,603	1,319	19,381	0,34	1,11	0,86	+
Ш4-5-14	68,0	71,25	0,21	0,110	0,135	0,188	2,323	0,05	0,18	0,14	+
Ш4-6-16	84,0	40,00	0,24	0,339	0,887	2,685	27,874	0,71	2,11	1,63	+
Ш4-6-17	119,0	31,88	0,25	0,511	1,970	7,829	51,887	2,11	5,74	4,42	+
Ш4-6-18	113,0	38,42	0,24	0,367	1,020	2,940	28,886	0,78	2,29	1,76	+
Ш4-7-19	104,0	47,98	0,23	0,307	1,034	3,849	39,837	1,01	3,21	2,47	+
Ш4-7-20	110,0	38,99	0,24	0,605	1,838	7,028	62,057	1,87	5,49	4,23	+
Ш4-8-22	125,0	13,93	0,29	0,831	3,829	11,902	44,258	3,36	5,70	4,39	+
Ш4-8-23	87,0	25,84	0,26	0,319	1,411	8,560	29,741	2,34	5,87	4,52	+
Ш4-8-23а	106,0	38,70	0,24	0,293	1,340	10,559	41,633	2,81	8,23	6,34	+

Продовження таблиці 1

№ шурфу	d <sub>max</sub> , мм	Cu	n	d5, мм	d10, мм	d17, мм	d50, мм	d0, мм	d0 <sub>макс</sub> , мм	dсi, мм	Суф-ть
Ш4-8-24	100,0	10,97	0,30	0,657	4,814	12,995	44,583	3,71	5,74	4,42	+
Ш4-9-25	132,0	109,16	0,20	0,325	0,641	1,910	56,321	0,46	2,07	1,59	+
Ш4-9-26	145,0	66,12	0,22	0,511	1,414	10,988	80,641	2,80	10,16	7,82	+
Ш4-9-27	106,0	73,12	0,21	0,319	0,638	1,921	36,524	0,49	1,83	1,41	+
Ділянка №5 – с. Бедевля Тячівського району Закарпатської обл.											
Ш5-1а	123,0	87,61	0,21	0,187	0,535	7,739	36,545	1,92	7,82	6,02	+
Ш5-2а	81,0	69,92	0,22	0,277	0,601	6,592	33,526	1,67	6,21	4,78	+
Ш5-3а	86,0	120,97	0,19	0,172	0,399	9,642	39,455	2,31	10,77	8,30	+

Таблиця 2

*Фізичні характеристики дослідного ґрунту при різному значенні  
максимального діаметра фракції наявного в ньому*

$d_{max}$ , мм	100	60	50	40	30	24	$m_{зр}$ , г/г	$V_{зр}$ , см <sup>3</sup>	$\gamma_{ск}$ , г/см <sup>3</sup>	$n$
Наявність фракцій діаметром $>d_{max}$	+	+	+	+	+	+	34437	16243	2,12	0,24
	-	+	+	+	+	+	30024	14900	2,02	0,25
	-	-	+	+	+	+	27461	13854	1,98	0,25
	-	-	-	+	+	+	24824	12808	1,94	0,26
	-	-	-	-	+	+	22420	11554	1,94	0,26
	-	-	-	-	-	+	20781	10718	1,94	0,27

Примітка: “+” – наявність фракції;

“-” – фракція відсутня.



## Характеристика скелету ґрунту

$d_{max}$ , мм	$C_u$	$n$	$d_5$ , мм	$d_{10}$ , мм	$d_{17}$ , мм	$d_{50}$ , мм	$d_0$ , мм	$d_0^{max}$ , мм	$d_{ci}$ , мм	Суф- ть
100,0	39,33	0,24	0,250	0,602	1,470	14,795	0,39	1,15	0,89	+
60,0	35,25	0,25	0,222	0,475	1,169	10,716	0,31	0,88	0,68	+
40,0	29,47	0,25	0,187	0,356	0,850	7,268	0,23	0,61	0,47	+
24,0	24,90	0,26	0,158	0,295	0,627	4,819	0,17	0,39	0,30	+
22,0	23,85	0,26	0,156	0,286	0,593	4,487	0,16	0,36	0,27	+
18,5	21,62	0,27	0,151	0,269	0,527	3,844	0,15	0,30	0,23	+
14,0	18,62	0,27	0,145	0,246	0,438	2,974	0,12	0,24	0,18	+
10,0	15,08	0,28	0,137	0,217	0,356	2,169	0,10	0,18	-	-

За результатами аналізу гранулометричного складу ґрунтів та обчислених суфозійних характеристик відмітимо наступне:

1) Всі ґрунти є суфозійними, тобто при перевищенні діючими градієнтами критичного значення можуть виникати суфозійно-деформаційні процеси. Наслідком таких процесів може бути руйнування огорожувальної дамби. Несуфозійним є тільки проба ґрунту з шурфу № 9 на ділянці №1 – с.Дубове Тячівського району Закарпатської обл.;

2) Наявність фільтраційних пор великого діаметра призводить до значних коефіцієнтів фільтрації та великих швидкостей фільтраційного потоку, що може викликати турбулентний режим фільтрації при достатніх градієнтах напору;

3) При спорудженні дамб з даних ґрунтів слід уникати явища сегрегації, що може призвести до неоднорідності та шаруватості насипу. В наслідок чого може виникати фільтрація з горизонтальними шляхами та вихід “джерел” на низовий укіс.

4) Знизити ступінь ризику виникнення суфозійних процесів можна шляхом відсіву крупних фракцій діаметром близько 24 мм. В цьому випадку через зниження діаметру суфозійних ходів ґрунти стають практично несуфозійними.

Дослідження фільтраційних властивостей проб ґрунтів виконано на установці Дарсі (рис. 3). Середній градієнт напору, що діяв на дослідний ґрунт визначали за формулою

$$I = \frac{\Delta H}{\Delta l} = \frac{\Delta H}{h_{zp}}, \quad (6)$$

де  $h_{zp}$  - висота ґрунтової засипки в установці;  $\Delta H$  – різниця напорів перед зразком і за ним.

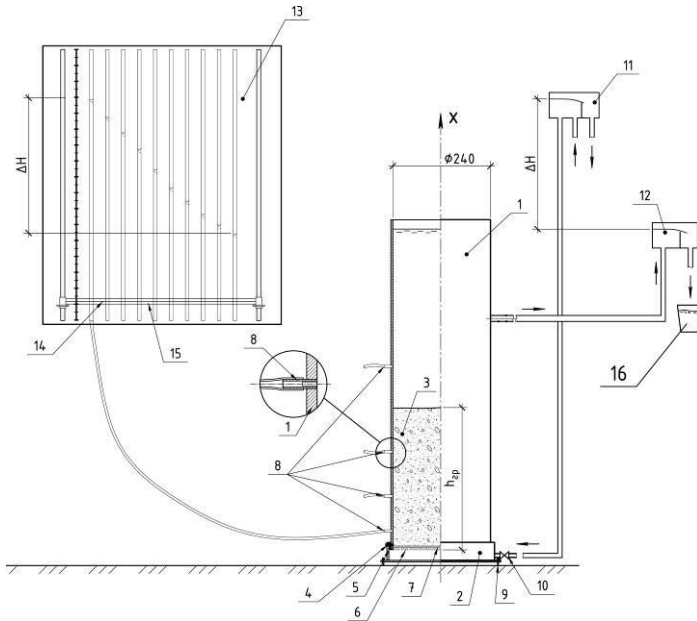


Рис.3. Схема експериментальної установки Дарсі: 1 – пластмасова труба; 2 – металеве днище; 3 – проба ґрунту; 4 – гвинт кріплення; 5 – гумове ущільнення; 6 – металева решітка; 7 – три шари склополотна; 8 - п'єзометри; 9 – регулюючий гвинт; 10 – впускний кран; 11, 12 – водозливні бачки; 13 – п'єзометричний стенд; 14 – струна; 15-дзеркало; 16 – мірна сміть.

Дані по результатам дослідження фільтраційних характеристик цих проб ґрунтів подано в табл. 4 – 6 та на графіку залежності коефіцієнту фільтрації від градієнту напору (рис. 4).

Таблиця 4

*Фільтраційні характеристики ґрунту з ділянки №4 біля с. Тересава (шурф №4-5-14)*

№ п/п	Різниця напорів $\Delta H$ , см	Градієнт напору, $I$	Коефіцієнт фільтрації, $k$	
			см/с	м/добу
1	2,40	0,27	0,0015	1,27
2	6,10	0,70	0,0014	1,19
3	11,10	1,27	0,0013	1,16
4	17,00	1,95	0,0299	25,84

З таблиці видно, що при градієнті більшому за  $I=1,27$  відбулася втрата фільтраційної міцності ґрунту, що призвело до різкого збіль-

шення його коефіцієнта фільтрації – з 1,16 м/добу до 25,84 м/добу.

Таблиця 5

Фільтраційні характеристики ґрунту з ділянки №4 с. Тересва  
(шурф №4-4-12)

№ п/п	Різниця напорів $\Delta H$ , см	Градiєнт напору, $I$	Коефіцієнт фільтрації, $k$	
			см/с	м/добу
1	1,70	0,21	0,0206	17,82
2	5,60	0,69	0,0178	15,42
3	9,73	1,21	0,0147	12,69
4	13,75	1,70	0,0107	9,21
5	18,95	2,35	0,0109	9,42
6	23,95	2,97	0,0098	8,49
7	29,20	3,62	0,0106	9,17
8	34,60	4,29	0,0096	8,26
9	39,50	4,90	0,0097	8,40
10	47,50	5,89	0,0375	32,43

З таблиці видно, що при градiєнті більшому за  $I=4,90$  відбулася втрата фільтраційної міцності ґрунту, що призвело до різкого збільшення його коефіцієнта фільтрації – з 8,40 м/добу до 32,43 м/добу.

Таблиця 6

Результати експериментів у пробі ґрунту з ділянки №3 с. Тернове  
(шурф №3-5)

№ п/п	Різниця напорів $\Delta H$ , см	Градiєнт напору, $I$	Коефіцієнт фільтрації, $k$	
			см/с	м/добу
1	1,70	0,21	0,0245	21,21
2	5,60	0,61	0,0170	14,71
3	9,73	0,94	0,0138	11,96
4	13,75	1,43	0,0128	11,06
5	18,95	2,36	0,0152	13,12
6	23,95	3,29	0,0129	11,11
7	29,20	4,87	0,0496	42,89

З таблиці видно, що при градiєнті більшому за  $I=3,29$  відбулася втрата фільтраційної міцності ґрунту, що призвело до різкого збільшення його коефіцієнта фільтрації – з 11,11 м/добу до 42,89 м/добу.

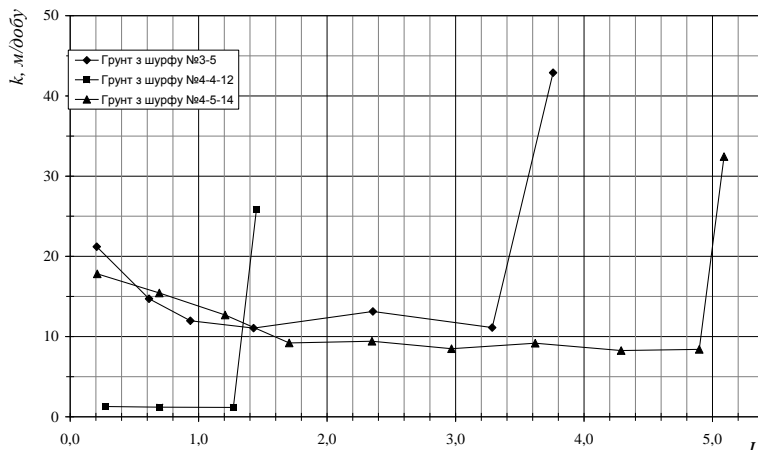


Рис. 4. Графік залежності  $k = f(I)$

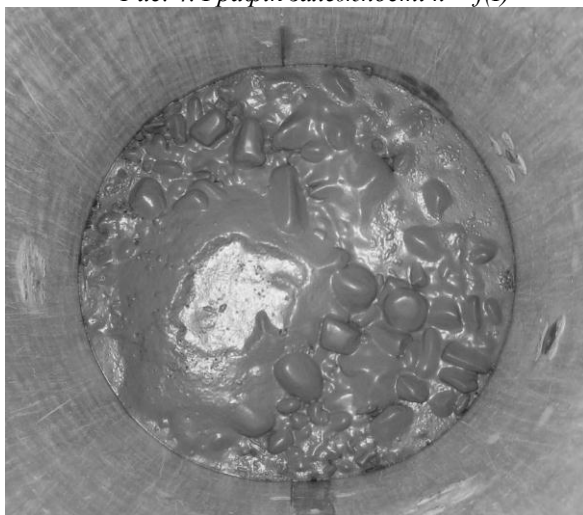


Рис. 5. Фільтраційне руйнування внаслідок механічної суфозії

**Висновки.** Втрата фільтраційної міцності відбулася внаслідок механічної зовнішньої суфозії (рис.5). В процесі механічної суфозії відбувся вимив мілких частинок ґрунту (діаметр яких менший за діаметр фільтраційних ходів, які формуються скелетом ґрунту) з масиву фільтрації при діючих градієнтах напору (які є характеристиками силової дії фільтраційного потоку) вищих за критичні [7] для даного ґрунту, відповідно  $I_{кр}=1,27\text{м/добу}$ ,  $I_{кр}=4,09\text{м/добу}$ ,  $I_{кр}=3,27\text{м/добу}$  для ґрунту з шу-

рфів №4-5-14, №4-4-12 та №3-5. При цьому, частинки ґрунту можуть виноситись з тіла дамби, що спричиняє зростання коефіцієнту фільтрації ґрунту, а сама фільтрація перейти до прогресуючого характеру.

Як показав ситовий аналіз, ґрунти мають дві основні фракції: крупна – діаметром часток 20 мм і більше (загальна кількість біля 40%), та мілка – діаметром часток 1мм і менше (загальна кількість теж біля 40%). При такій структурі ґрунти кар'єрів можуть легко розшаровуватися, при цьому виникають великі локальні швидкості фільтрації, які можуть викликати контактну суфозію, тобто таку, що може мати місце на контакті крупнозернистих та мілкозернистих ґрунтів [7], навіть коли кожна із суміжних фракцій ґрунту несуфозійна. Таке явище може виникнути у випадку, коли технологія зведення огорожувальної дамби допускає розшарування ґрунту з місцевих кар'єрів.

Доцільним, може бути, відсіювання крупних фракцій гравійно – галькової суміші, що переведе ґрунт із суфозійного до несуфозійного. Крім того, забезпечується можливість утримування ґрунту до розрахункової щільності, що виявляється неможливим при відсутності мілкого заповнювача між крупними галечниковими фракціями, і як наслідок, призводить до появи значних фільтраційних ходів.

Огорожувальні дамби можна зводити із ґрунтів кар'єрів, враховуючи значення коефіцієнта фільтрації ґрунту при економічно доцільній щільності та приймаючи такі розміри поперечного перерізу, при яких діючі градієнти напору не перевищують допустимі при нестационарній фільтрації.

## SUMMARY

**Protecting dams can be constructed with the use of the soils from local quarries considering the coefficient of filtration for the economically feasible densities. Cross-sectional dimensions of the dams must be sufficient to withstand the current gradient of the nonstationary filtration.**

1. Ромашенко М. І., Савчук Д. П. Водні стихії. Карпатські повені. Статистика, причини, регулювання. – К.: Аграрна наука, 2002. – 304 с. 2. Програма комплексного протиаводкового захисту в басейні р. Тиси у Закарпатській області на 2006 - 2015 роки. 3. Рекомендации по защите обратных фильтров гидротехнических сооружений. – Л.: ВНИИГ. –Л.: Энергия, 1982. – 105с. 4.Иванов П.Л., Грунты и основания гидротехнических сооружений – М.: Высшая школа, 1991.- 448 с. 5. ГОСТ12536-79 “Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микро-агрегатного состава”. 6. Шестаков В.М. Динамика подземных вод – М.: Высшая школа, 1978.- 368 с. 7. Руководство по расчётам фильтрационной прочности напорных грунтовых сооружений ГАЭС: П 93-81/ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева.- Л. 1976.-28 с .