

Władysław MATUSIEWICZ

Katedra Technologii i Organizacji Prac Wodnych i Melioracyjnych SGGW

Zamulenie rurowciągów w systemie drenów odwadniająco-nawadniających

Wstęp

Sieć drenarska zaprojektowana do celów odwadniania i nawadniania gleby pracuje przy zmiennym kierunku przepływu wody. W trakcie odwodnienia woda do sączków dopływa, a w okresie nawodnienia z nich wypływa.

Dotychczas przyjmowano dla urządzeń nawadniających rury i filtry takie same jak dla odwadniających, co w praktyce nie zawsze się sprawdzało. Istniejące, wykonane przed kilku lub kilkunastu laty, na terenie kraju obiekty drenarskie z wykorzystaniem sączków do nawodnień przestały działać lub skuteczność ich działania była niezadawalająca (Matusiewicz 1990). Mając to na uwadze, przeprowadzono badania laboratoryjne systemu drenarskiego odwadniająco-nawadniającego i dla porównania tylko odwadniającego. Określono wpływ powierzchni wlotowej rury oraz materiałów filtracyjnych na zamulenie rurowciągów z PCW.

Zamulenie drenów

Zamulenie drenów powstaje na skutek naruszenia krytycznych wartości równowagi filtracyjnej gruntu. Uplynniony grunt

poprzez otwory perforacyjne lub styki przemieszcza się do środka rurowciągu. Te typowe zjawiska sufozyjne występują głównie w gruntach sypkich. W gruntach spoistych może wystąpić zjawisko wyparcia, które polega na oderwaniu się od ścian złoża pod wpływem dużych gradientów niewielkich partii gruntu. Wraz z płynącą wodą przedostaje się on do rurowciągu.

Podstawowym wskaźnikiem decydującym o przebiegu zjawiska zamulenia jest skład mechaniczny gruntu oraz wymiary otworów wlotowych. Parametry te decydują o powstawaniu tzw. naturalnych sklepień filtracyjnych. Dla rurowciągów odwadniających problem ten został w zasadzie rozwiązany. W tabeli 1 zamieszczono wyniki badań zależności wielkości otworów w drenach od uziarnienia gruntów, niezbędnych do utworzenia naturalnych sklepień filtracyjnych. Badania zamulenia rurowciągów odwadniających doprowadziły do wyróżnienia czterech stopni zagrożenia zamuleniem (Sokołowski 1978, Ostrowski 1984). Są to: zamulenie stałe — stopień I, zamulenie początkowe o dużej intensywności — stopień II, zamulenie początkowe o nieznacznej intensywności — stopień III, zamulenie początkowe krótkotrwałe o minimalnej intensywności — stopień IV. Jednym ze sposobów określania stopnia zagrożenia

TABELA 1. Zależność wielkości otworów w drenach odwadniających od uziarnienia gruntu, niezbędnych do utworzenia naturalnych sklepień filtracyjnych

Autor	Rodzaj gruntu	Stosunek parametrów otworu do średnicy miarodajnej gruntu
Abramow (1962)	piasek równoziarnisty	$s \leq 1,25d_{50}$ i $\phi \leq 3,25d_{50}$
	piasek różnoziarnisty	$s \leq 1,5d_{50}$ i $\phi \leq 3,5d_{50}$
Petraszew (1963)		rury z perforacją podłużną i rury ceramiczne (bez filtra) $d_{60} \geq 0,6s$ rury z perforacją okrągłą (bez filtra) $d_{80} \geq 0,36\phi$
Schreider (1965)	--	$d_f \geq 0,55s$

zamulением jest wskaźnik różnoziarnistości gruntu (u) dla gruntów niespoistych (tabela 2), wskaźnik plastyczności gruntu (I_p) dla gruntów spoistych (tabela 2) oraz stopień rozkładu (%) w gruntach torfowych (tabela 3).

Podstawowy wpływ na zamulenie drenów mają otwory, którymi woda dopływa do sączka. W drenach odcinkowych są to

TABELA 2. Stopień zagrożenia zamulением w gruntach niespoistych i spoistych

Wskaźnik różnoziarnistości uziarnienia u	Wskaźnik plastyczności gruntu I_p	Stopień zagrożenia zamulением
$u < 5$	$I_p < 3$	I
$5 < u < 10$	$3 < I_p < 6$	II
$10 < u < 15$	$6 < I_p < 12$	III
$u > 15$	$I_p > 12$	IV

TABELA 3. Zagrożenie zamulением w gruntach torfowych

Stopień rozkładu (%)	Zawartość części stałych (%)	Skłonność do zamuleń
< 50	< 5	nie występuje
$50 - 70$	$5 - 7$	nieznaczna
> 70	> 7	średnia lub duża

styki pomiędzy rurami, a w drenach ciągłych otwory w kształcie szczelin prostokątnych lub okrągłe. Wymiar styków, wielkość i kształt otworów dobiera się w zależności od rodzaju odwadnianego gruntu (Sokołowski 1978). Należy pamiętać również o potrzebie uwzględnienia powierzchni perforacji rurociągu, która decyduje w sposób zasadniczy o chłonności, tj. możliwości odbioru wody przez dren. Duże znaczenie ma też spadek rurociągu. Przy większych spadkach zamulenie jest mniejsze, a przy mniejszych większe. Skutecznym sposobem zabezpieczenia rurociągów od zamulenia są filtry w formie otulin lub obsypek. Filtry spełniają również funkcję zwiększenia: powierzchni chłonnej drenu, dopływu wody i przepuszczalności osrodka otaczającego dren, oraz zmniejszenie: wysokości ciśnienia i oporów wejściowych (Sokołowski 1978, Matusiewicz 1991).

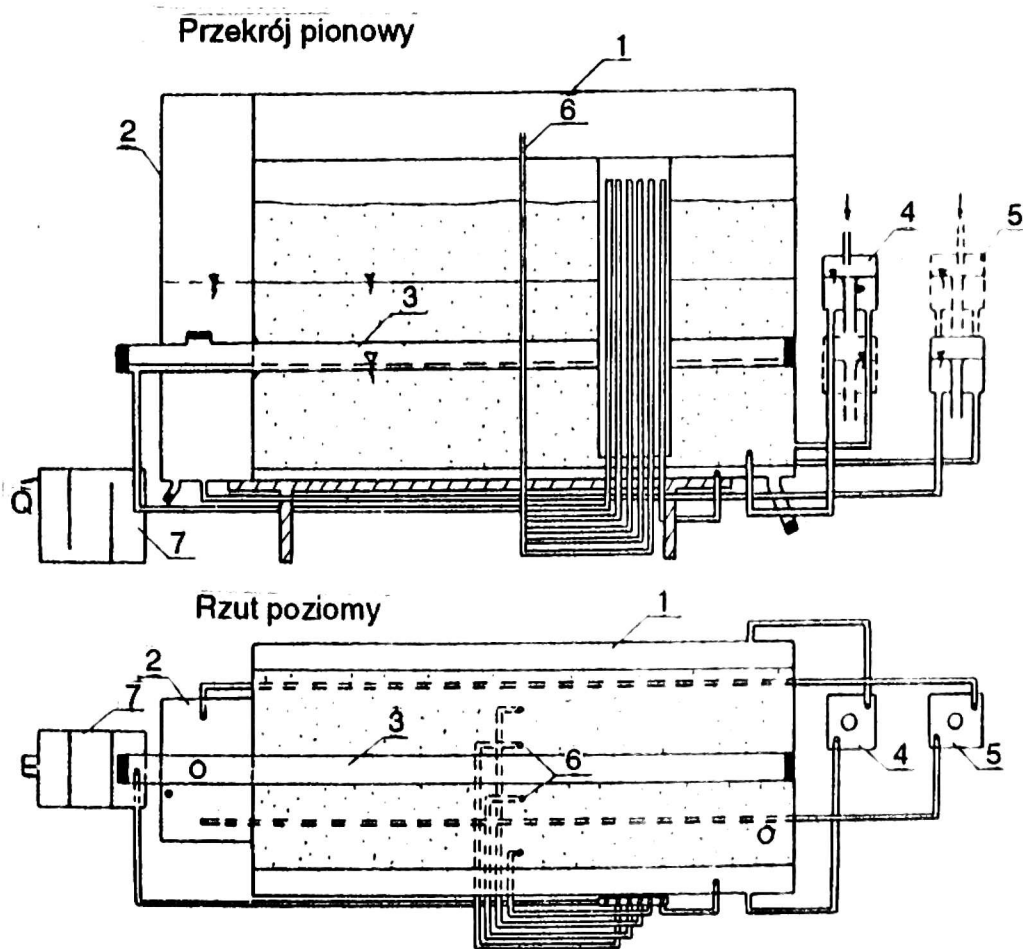
Badania laboratoryjne zamulenia drenów odwadniająco - nawadniających

Badania przeprowadzono dla rur działających w systemie drenaży odwadniająco-nawadniających i dla porównania odwadniających. Określono wpływ perforacji rurociągów z PCW bez filtra i z filtrem na

zamulenie. Jednym z elementów badań było ustalenie liczby cykli pracy rurociągu odwadniająco-nawadniającego, tzn. uchwycenia momentu stabilizacji odpływu, strat ciśnienia oraz zamulenia. Przeprowadzony cykl badań wstępnych wykazał, że stabilizacja zmian ww. parametrów wystąpiła w granicach 16. i 17. cyklu działania drenów (cykl składa się z dwu faz: faza pierwsza występuje w czasie, gdy dren odprowadza wodę z gruntu, a faza druga, gdy dren doprowadza wodę do gruntu). Przyjęto do badań siedemnaście cykli działania drenów odwadniająco-nawadniających. Badania wykonano w poziomym modelu gruntowym (rys. 1). Zbudowany z dwóch skrzyń prostokątnych model przeznaczony był do określania zamulenia rur odwadniająco-nawadniających. Linia ciągłą zaznaczano elementy modelu działające podczas fazy odwodnienia, a linią przerywaną podczas fazy nawodnienia (dotyczy rys. 1 w przekroju pionowym). Przeprowadzono badania rur

karbowanych z PCW o średnicy 0,05 m, które miały otwory prostokątne o wymiarach 4 x 1 mm. Stosowano cztery powierzchnie perforacji dla rurociągu bez filtra i jedną powierzchnię o 8 rzędach perforacji dla rurociągu z filtrem. Charakterystykę rur przeznaczonych do badań zamieszczono w tabeli 4, gdzie podano również wartości wskaźnika perforacji (f) (gdzie: f — stosunek perforacji rury do jej powierzchni całkowitej).

Rurociąg zabezpieczono pięcioma rodzajami materiałów filtracyjnych: pospółką Żp (grubość 0,025 m), słomą żytnią Sz (grubość 0,01 m), włókniną Wł (grubość 0,004 m), tkaniną Tk (grubość 0,002 m), korą drzewną Kd (grubość 0,025 m). Badania przeprowadzono w czterech rodzajach gruntów: piasku średnim (współczynnik filtracji $k = 3,11 \cdot 10^{-4}$ m/s), piasku drobnym ($k = 1,03 \cdot 10^{-4}$ m/s), piasku gliniastym ($k = 5,71 \cdot 10^{-7}$ m/s) i pyle piaszczystym ($k = 1,1 \cdot 10^{-7}$ m/s). Wartość gradientu przyjętego do



Rys. 1. Schemat modelu do badań zamulenia rurociągów: 1 — skrzynia prostokątna, 2 — zbiornik doprowadzający wodę w fazie nawodnienia, 3 — rurociąg z PCW, 4,5 — zbiorniki wyrównawcze, 6 — piezometry, 7 — osadnik

badani wynosiła 0,9. Grunt w modelu zagęszczano w stanie wilgotnym luźnym, a parametry zagęszczenia dla poszczególnych rodzajów gruntów wynosiły: piasek średni $I_d = 0,4$, piasek drobny $I_d = 0,42$, piasek gliniasty $I_s = 0,77$, pył piaszczysty $I_s = 0,7$.

TABELA 4. Charakterystyka rur użytych do badań

Rury karbowane z PCW średnica 0,05 m			
Liczba rzędów perforacji	Liczba otworów na 1 m	Powierzchnia perforacji (m^2/m)	Wskaźnik perforacji $f(\%)$
8	880	$3,52 \cdot 10^{-3}$	2,24
6	660	$2,64 \cdot 10^{-3}$	1,68
4	440	$1,76 \cdot 10^{-3}$	1,12
2	220	$8,8 \cdot 10^{-4}$	0,56

Wyniki badań

Pomiaru zamulenia dokonywano po pierwszej (01), i drugiej (02) i siedemnastu (17) fazach odwadniających pracy drenu odwadniająco-nawadniającego. W fazie 01 dren działał jako odwadniający. Wyniki pomiarów zamulenia bezwzględne, wielkości odpływów, zamulenia względnego (na jednostkę przepływu) oraz średniej wysokości zamulenia przekroju rury, przykładowo w piasku drobnym, zamieszczono w tabeli 5 dla rurociągu nie zabezpieczonego i w tabeli 6 dla zabezpieczonego filtrem. W tabeli 6 zamieszczono również wyniki obliczenia parametru (z), będącego miarą skuteczności zabezpieczenia przed zamuleniem, który określany jest z zależności $z = Z:Z_0$, gdzie (Z) jest to zamulenie rury bez filtra (tabela 5), a (Z_0) zamuleniem względnym rury z filtrem.

W celu ułatwienia obliczeń komputerowych w nazewnictwie doświadczeń (tabela 5 i 6), stosowano skróty, np. (Pd, PCW 8rz W1-02), co oznacza: doświadczenie prze-

TABELA 5. Wyniki pomiaru zamulenia rurociągów bez filtra w piasku drobnym

Symbol doświadczenia	Zamulenie bezwzględne (g/m)	Odpływ całkowity z rurociągu (l)	Zamulenie względne Z (g/l)	Wysokość zamulenia średnicy rury (m)
Pd,PCW 8rz-01	329	1 979	0,166	0,01
Pd,PCW 8rz-02	584	3 734	0,156	0,013
Pd,PCW 8rz-017	1308	21 736	0,06	0,025
Pd,PCW 6rz-01	269	1 502	0,179	0,007
Pd,PCW 6rz-02	407,4	2 868	0,142	0,01
Pd,PCW 6rz-017	897,8	18 764	0,048	0,02
Pd,PCW 4rz-01	157,4	1 267	0,124	0,005
Pd,PCW 4rz-02	329	2 404	0,137	0,009
Pd,PCW 4rz-017	747,4	13 927	0,054	0,015
Pd,PCW 2rz-01	108,8	1 047	0,104	0,004
Pd,PCW 2rz-02	294,7	1 923	0,153	0,008
Pd,PCW 2rz-017	536	10 984	0,049	0,012

TABELA 6. Wyniki pomiaru zamulenia rurociągów z filtrem w piasku drobnym

Symbol doświadczenia	Zamulenie bezwzględne (g/l)	Odptyw całkowity z rurociągu (l)	Zamulenie względne Z_o (g/l)	$z = \frac{Z}{Z_o}$	Wysokość zamulenia średnicy rury (m)
Pd,PCW 8rz Żp-01	14	3 433	0,0041	40,49	śląd
Pd,PCW 8rz Żp-02	20	6 387	0,0031	53,55	śląd
Pd,PCW 8rz Żp-017	48	38 427	0,0012	138,33	0,0007
Pd,PCW 8rz Sz-01	24	3 600	0,0067	24,78	śląd
Pd,PCW 8rz Sz-02	35	6 732	0,0052	31,92	0,0004
Pd,PCW 8rz Sz-017	54	40 236	0,0013	127,69	0,0006
Pd,PCW 8rz Tk-01	3	1 673	0,0018	92,22	śląd
Pd,PCW 8rz Tk-02	5	3 103	0,0016	103,75	śląd
Pd,PCW 8rz Tk-017	11	17 150	0,0006	276,67	śląd
Pd,PCW 8rz Wl-01	4	4 211	0,0009	184,44	śląd
Pd,PCW 8rz Wl-02	6	7 887	0,0008	207,50	śląd
Pd,PCW 8rz Wl-017	9	46 307	0,0002	830,00	śląd
Pd,PCW 8rz Kd-01	13	4 423	0,0029	57,24	0,0002
Pd,PCW 8rz Kd-02	24	8 543	0,0028	59,28	0,0003
Pd,PCW 8rz Kd-017	43	49 136	0,0009	184,44	0,0005

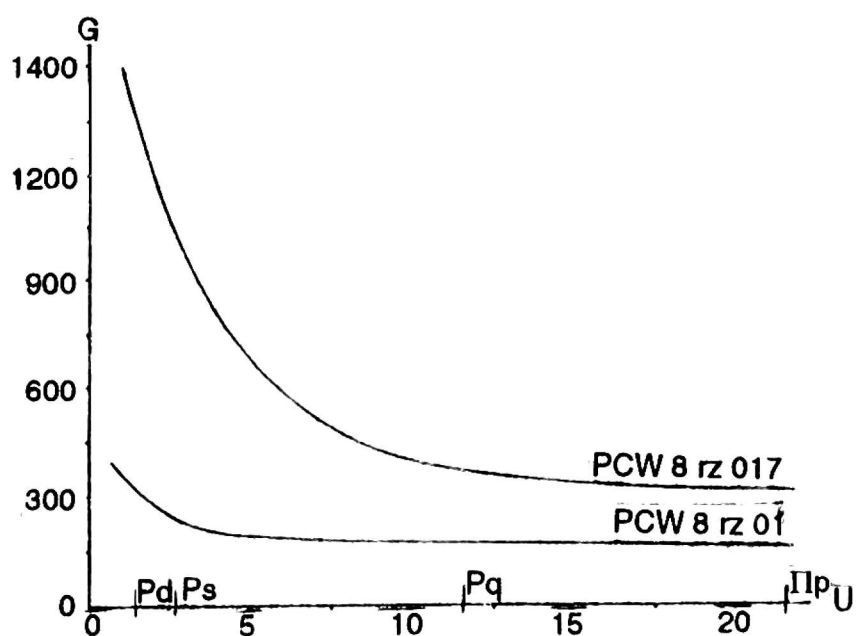
przewodzone w piasku drobnym dla sączka z PCW o ośmiu rzędach perforacji na obwodzie rury. Rurociąg zabezpieczono filtrem z włókniny. Jest to drugi cykl pracy drenażu odwadniająco-nawadniającego.

Wielkości zamulenia bezwzględnego w zależności od wskaźnika różnoziarnistości badanych gruntów w rurach w PCW o 8 rzędach perforacji, dla pierwszej i siedemnastej fazy odwadniającej, przedstawiono na rysunku 2 (dla rur bez filtra) i na rysunku 3 (dla rur z filtrem).

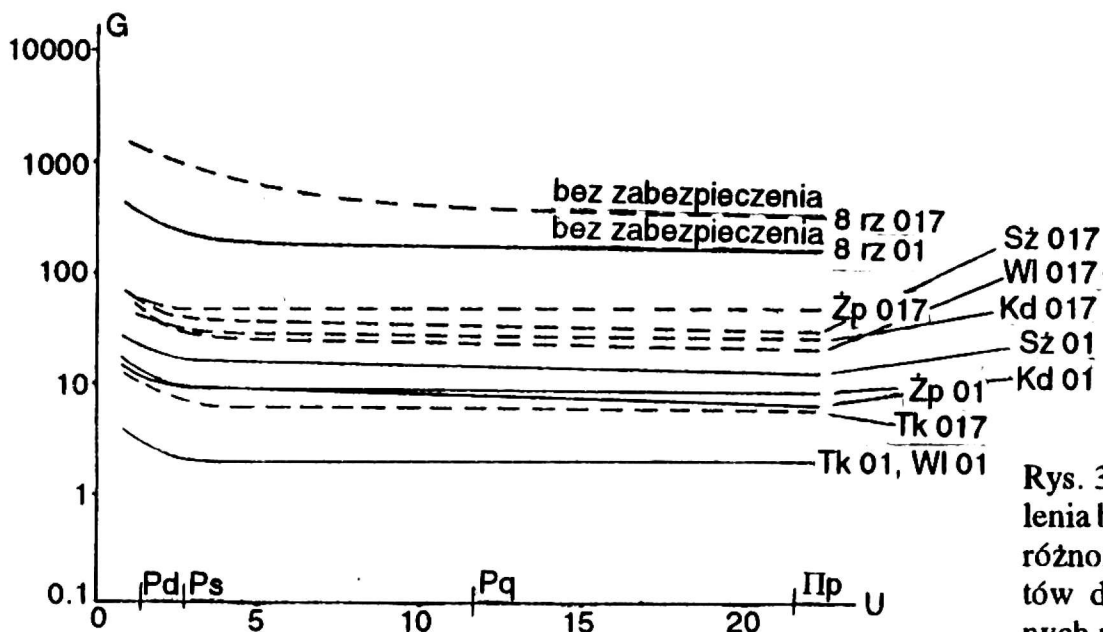
Pomiar ilości gruntów, które zostały wniesione do wnętrza rurociągu bez filtra i z filtrem, pozwolił na wykazanie różnic, jakie występują przy zamuleniu rur odwadniających i odwadniająco-nawadniających. Różnice te, przykładowo w piasku drobnym, zamieszczono w tabeli 7, jako stosunek zamuleń bezwzględnych w rurach odwadniająco-nawadniających (po drugiej 02 i siedemnastej

017 fazy odwadniającej) do odwadniających (faza 01).

Pomiary zamulenia bezwzględnego rurociągów bez filtrów wykazały, że w rurach odwadniająco-nawadniających największe zamulenia były w piasku drobnym, nieco



Rys. 2. Zależność wielkości zamulenia bezwzględnego od wskaźnika różnoziarnistości badanych gruntów dla rur z PCW



Rys. 3. Zależność wielkości zamulenia bezwzględnego od wskaźnika różnoziarnistości badanych gruntów dla rur z PCW zabezpieczonych materiałami filtracyjnymi

TABELA 7. Stosunek zamuleń bezwzględnych rur odwadniająco-nawadniających do odwadniających bez filtra i z filtrem w piasku drobnym

Symbol doświadczenia	02:01	017:01	Symbol doświadczenia	02:01	017:01
bez filtra			z filtrem		
Pd,PCW 8rz	1,77	3,97	Pd,PCW 8rz Żp	1,43	3,43
Pd,PCW 6rz	1,51	3,34	Pd,PCW 8rz Sz	1,46	2,25
Pd,PCW 4rz	2,09	4,75	Pd,PCW 8rz Tk	1,67	3,67
Pd,PCW 2rz	2,71	4,93	Pd,PCW 8rz WI	2,00	3,00
			Pd,PCW 8rz Kd	1,85	3,31

mniejsze w piasku średnim i znacznie mniejsze w piasku gliniastym i pyle piaszczystym. Z rysunku 3 wynika, że zamulenie bezwzględne rur wzrasta wraz ze zmniejszeniem się wskaźnika różnoziarnistości gruntu (u). Dla rur odwadniających wyraźny wzrost wskaźnika wystąpił przy $u < 3,5$, natomiast dla rur odwadniająco-nawadniających przy $u < 10,5$.

Nieco inaczej przedstawia się zależność zamulenia względnego na jednostkę odpływu. Według tego kryterium, największe zamulenie wystąpiło w pyle piaszczystym i malało kolejno w piasku drobnym, piasku gliniastym, piasku średnim.

Wnioski

Wysokość zamulenia średnicy rurowców odwadniająco-nawadniających z PCW wynosi od 1,1 do 2,5 cm. Wzrasta ono ze wzrostem powierzchni perforacji rur oraz ze zmniejszeniem się wskaźnika różnoziarnistości gruntu. Jest większe od zamulenia rurowców odwadniających średnio 4,3 raza. Zamulenie rur odwadniająco-nawadniających zabezpieczonych filtrem jest średnio 3 razy mniejsze od zamulenia rur bez filtra.

Literatura

KRZYWOSZ Z. 1982: *Przydatność włókien filtracyjnych jako warstw ochronnych w budowni*

ctwie wodno-melioracyjnym. Rozprawa doktorska. SGGW-AR.

MATUSIEWICZ W. 1991: *Skuteczność działania drenaży odwadniająco-nawadniających położonych na glebach mineralnych.* Konferencja naukowa nt. "Postęp w projektowaniu i eksploatacji systemów nawodnień podsiąkowych". Brok.

MATUSIEWICZ W. 1992: *Opory filtracyjne na styku sączek-grunt w systemie drenów odwadniająco-nawadniających.* Konferencja naukowa nt. "Gospodarowanie wodą w krajobrazie rolniczym jako element zróżnicowanego rozwoju". Warszawa.

OSTROWSKI J. 1984: *Zasady zabezpieczania drenów przed zamuleniem.* Falenty.

SOKOŁOWSKI J. 1978: *Wpływ właściwości rurociągów i materiałów filtracyjnych na chłonność i zamulenie drenów.* Rozprawa naukowa. Warszawa.

Summary

Silting-up of drain-pipes in drainage-irrigation system. The results of laboratory investigations of drain-pipes silting-up in drainage-irrigation system to compersion with drainage system have been discussed. PCV drain-pipes without any protection and with filter material protection have been investigated. Four type of grounds and five type of filtres ware used. Silting-up of drainage-irrigation pipes without filter ware 4.3 times higher than drainage pips. Silting-up of drainage-irrigation pipes with filter protection ware 3 times smaller than pipes without filter.