

УДК 631.626

DOI: 10.31774/2222-1816-2019-2-137-149

**Д. В. Грушко, Ю. Е. Домашенко, С. М. Васильев**

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,  
Российская Федерация

## **ОЦЕНКА ВОДОЗАБОРНОЙ СПОСОБНОСТИ ДРЕНАЖА С ЗАЩИТНО-ФИЛЬТРУЮЩИМ МАТЕРИАЛОМ ПО ЗНАЧЕНИЮ НАПОРОВ В ПРИДРЕННОЙ ЗОНЕ**

Целью работы является установление корреляционно-регрессионной связи между удельным расходом дрен и напором в придренированной зоне для перфорированной полиэтиленовой трубы с защитно-фильтрующим материалом. В качестве объекта исследований выбран модельный дренажный участок, расположенный в Семикаракорском районе Ростовской области, со средней за вегетационный период нагрузкой на дренаж 0,12 л/(с·га). Почвенный покров представлен черноземами предкавказскими и южными, характеризующимися тяжелосуглинистым механическим составом (коэффициент фильтрации 0,12 м/сут). Глубины заложения закрытых дрен составляют 2,3–4,5 м, междреннее расстояние 200–240 м. Питание грунтовых вод осуществляется за счет фильтрации из Багаевского магистрального канала, оросительных вод и атмосферных осадков. В процессе исследований проведен корреляционный и регрессионный анализ для выборочной совокупности, в которой представлены результаты определения удельных расходов дрен, выполненных из перфорированной полиэтиленовой трубы с защитно-фильтрующим материалом, и напоров в придренированной зоне. На основании полученных данных можно считать, что между удельным расходом и напором имеется слабая связь, выборочный коэффициент корреляции всей совокупности изменяется от минус 0,47 до плюс 0,21. Так как выборочный коэффициент корреляции меньше нуля, то можно сказать, что при бесконтрольном увеличении напора будет наблюдаться снижение удельного расхода за счет фильтрационно-суффозионных деформаций дрены. Судя по коэффициенту детерминации, примерно 2 % изменений напора в придренированной зоне окажут влияние на удельный расход дрены, а остальные 98 % обусловлены изменением других факторов, которые не учитывались при построении модели (гидравлические сопротивления, коэффициент фильтрации фильтра и т. д.).

Ключевые слова: дренаж, защитно-фильтрующий материал, корреляционный анализ, регрессионный анализ, удельный расход, напор.

**D. V. Grushko, Yu. E. Domashenko, S. M. Vasilyev**

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,  
Russian Federation

## **WATER-INTAKE CAPACITY ASSESSMENT OF DRAINAGE WITH PROTECTIVE-FILTERING MATERIAL BY HEAD VALUE IN DRAIN AREA**

The aim of the work is to determine a correlation-regression relation between the drain specific discharge and the water head in drain area for a perforated polyethylene pipe with a protective-filtering material. A model drainage site with the average load on drainage during the vegetation period 0.12 l/(s·ha) located in Semikarakorsk district Rostov region was chosen

as an object of research. The soil cover is represented by pre-caucasian and southern chernozems, characterized by heavy loamy mechanical composition (filtration coefficient of 0.12 m/day). The subsurface drain depths are 2.3–4.5 m, the drain spacing is 200–240 m. Groundwater recharge is done by filtering from the Bagaevsky main canal, irrigation water and precipitation. A correlation and regression analysis was performed during the research for the sample set, where the results of determining the drains specific discharge made of a perforated polyethylene pipe with a protective-filtering material and the water head in the subsurface drain zone are presented. It can be assumed on the data obtained, that there is a weak relationship between the specific discharge and water head, the sample correlation coefficient of the entirety varies from minus 0.47 to plus 0.21. As the sample correlation coefficient is less than zero, then a reduction in specific discharge due to drain filtration-suffusion deformations with an uncontrolled increase in pressure will be observed. Judging by the determination coefficient, about 2 % of the head change in drain area will affect the drain specific discharge while the remaining 98 % are determined by changes in other factors that were not taken into account at model building (hydraulic resistance, filter filtration coefficient, etc.).

Key words: drainage, protective-filtering material, correlation analysis, regression analysis, specific discharge, water head.

**Введение.** Ухудшение мелиоративного состояния земель не только снижает эффективность орошения, но и увеличивает срок окупаемости осушительно-оросительной системы в разы. В Ростовской области осушительно-оросительные системы сконцентрированы в лугостепных и степных ландшафтах и приурочены в основном к долинам Дона, его притоков (р. Сал и Маныч) и водораздельным пространствам этих рек [1, 2].

Пестрый литологический состав отложений с преобладанием суглинисто-глинистых разностей и отсутствие выдержанных мощных слоев с высокой водопроницаемостью делают применение вертикального дренажа на территории Ростовской области малоперспективным. По комплексу природных условий наиболее приемлемым типом дренажа в данных условиях является закрытый горизонтальный дренаж.

Существующие конструкции закрытого горизонтального дренажа, которые построены раздельным способом, на орошаемых землях функционируют в условиях значительных гидравлических сопротивлений и обладают незначительной водозаборной способностью, снижая в свою очередь свои основные мелиоративные функции [3].

Установлено, что техническое совершенствование конструкции закрытого дренажа обеспечивает поддержание уровня грунтовых вод ниже

критического на междренье при меньших глубинах заложения и при больших междренных расстояниях при условии, что удельные расходы дрен находятся в зависимости от напоров в придренной зоне [4, 5].

Технический уровень конструкции дренажных систем оценивается путем определения соотношения напора и удельного расхода, что по сути своей является фильтрационным сопротивлением. Сопротивление, оказываемое фильтрационному потоку водоприемной частью дрены, – один из основных факторов оценки технического состояния и эффективности работы дренажных конструкций [6–10].

Целью работы является установление корреляционно-регрессионной связи между удельным расходом дрен и напором в придренной зоне для перфорированной полиэтиленовой трубы с защитно-фильтрующим материалом.

**Материалы и методы.** В качестве объекта исследований выбран модельный дренажный участок, расположенный в Семикаракорском районе Ростовской области, со средней за вегетационный период нагрузкой на дренаж 0,12 л/(с·га). Почвенный покров представлен черноземами предкавказскими и южными, характеризующимися тяжелосуглинистым механическим составом (коэффициент фильтрации 0,12 м/сут). Глубина заложения закрытых дрен составляет 2,3–4,5 м, междренное расстояние 240–200 м. Питание грунтовых вод осуществляется за счет фильтрации из Багаевского магистрального канала, оросительных вод и атмосферных осадков.

Значения величины дренажного стока получены на основании режимных наблюдений, осуществляемых в Багаевском филиале ФГБУ «Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения по Ростовской области».

Для выявления водозаборной способности дрены с защитно-фильтрующим материалом используется метод регрессионного анализа, позволяющий развить корреляционную связь и оценить один параметр че-

рез другие. Уравнения регрессии реализуются с помощью метода наименьших квадратов [11].

**Результаты и обсуждение.** Проведем корреляционный и регрессионный анализ для выборочной совокупности, в которой представлены результаты определения удельных расходов дрен, выполненных из перфорированной полиэтиленовой трубы с защитно-фильтрующим материалом, и напоров в придренированной зоне (таблица 1).

**Таблица 1 – Значения потерь удельного расхода ( $X$ , л/(с·км)) и напора ( $Y$ , м) дрен**

Номер пары	$X$	$Y$	Номер пары	$X$	$Y$	Номер пары	$X$	$Y$
1	0,14	0,57	11	0,28	1,1	20	0,27	1,0
2	0,2	0,8	12	0,15	0,6	21	0,15	0,67
4	0,19	0,61	13	0,23	0,78	22	0,16	0,72
5	0,15	0,59	14	0,18	0,66	23	0,24	0,69
6	0,18	0,65	15	0,2	0,73	24	0,22	0,96
7	0,22	0,95	16	0,19	0,68	25	0,19	0,75
8	0,16	0,63	17	0,2	0,7	26	0,24	0,82
9	0,21	0,74	18	0,21	0,88	27	0,21	0,9
10	0,26	0,99	19	0,25	0,98	28	0,15	0,6

Необходимая водопримная способность дренажных конструкций, обеспечивающих поддержание благоприятной мелиоративной обстановки на орошаемой территории, устанавливается на основании полевых и аналитических исследований при удельных расходах 0,2–25 л/с и действующих напорах 0,1–1,8 м [12].

Как показали исследования, напор теряется в основном в грунте, окружающем водопримную часть. Водопроницаемость фильтра должна быть выше водопроницаемости грунтов, чтобы возникающие в фильтре потери напора были незначительны по сравнению с величиной действующего напора [8, 9].

Сгруппируем данные в корреляционную таблицу (решетку), состоящую из столбцов  $X$  и строк  $Y$ , количество которых соответствует числу групп ряда. При  $n = 28$  (где  $n$  – численность выборки) целесообразно выделить 2–4 группы. Для рядов  $X$  и  $Y$  определяется длина ряда группировки и число групп:

$$i_x = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{4} = \frac{0,28 - 0,14}{4} = 0,035 \text{ л/(с·км)},$$

$$i_y = \frac{Y_{\max} - Y_{\min}}{3} = \frac{1,1 - 0,57}{3} = 0,21 \text{ м},$$

где  $i_x, i_y$  – величины интервалов при группировке с постоянными интервалами рядов  $X$  и  $Y$ .

В корреляционную таблицу 2 последовательно перенесем исходные данные.

**Таблица 2 – Корреляционная таблица исходных данных**

$Y, \text{ м}$			$X, \text{ л/(с·км)}$				Сум- ма $f_y$
			0,14–0,17	0,18–0,21	0,22–0,25	0,26–0,28	
			Середина группы				
			0,15	0,18	0,20	0,27	
0,57–0,77	Сере- дина груп- пы	0,67	ШШШШ 9	ШШШ 7	I 1	–	17
0,78–0,92		0,85		Ш 3	I 1	–	4
0,93–1,1		1,0	–	–	ШШ 4	ШШ 3	7
Сумма $f_x$			9	10	6	3	28

На основании корреляционной таблицы 2 составляется расчетная таблица 3 и проводятся вспомогательные вычисления. В таблице 3 вместо границ групп представляются их середины и преобразуются по соотношениям:

$$X_1 = \frac{X - A_x}{i_x} = \frac{X - 0,2}{0,035} \text{ л/(с·км)},$$

$$Y_1 = \frac{Y - A_y}{i_y} = \frac{Y - 0,85}{0,21} \text{ м},$$

где  $X_1, Y_1$  – середины границы групп рядов  $X$  и  $Y$ ;

$A_x, A_y$  – условные начала рядов, которые ближе всего к средним значениям  $X$  и  $Y$ .

За условные начала  $A_x$  и  $A_y$  принимаются значения  $\bar{x}$  и  $\bar{y}$  (где  $\bar{x}, \bar{y}$  – выборочная средняя арифметическая рядов  $X$  и  $Y$ ).

В расчетную таблицу 3 вносятся:

- результаты умножения отклонений в единицах интервала на их частоту  $f_X X_1$  и  $f_Y Y_1$  и, соответственно, их суммы  $\sum(f_X X_1) = 11$  и  $\sum(f_Y Y_1) = 14$  (где  $f_X, f_Y$  – частоты рядов  $X$  и  $Y$ );

- результаты умножения квадратов отклонений на их частоты  $\sum(f_X X_1^2) = 23$  и  $\sum f_Y Y_1^2 = 44$ ;

- суммы произведений отклонений в интервалах и их частот  $f_X X_1 Y_1$  и общая  $\sum(f_X X_1 Y_1) = 5$ ;

- значение  $\bar{x}$  и  $\bar{y}$ ,  $\sum(X - \bar{x})$ ,  $\sum(Y - \bar{y})$  и  $\sum(X - \bar{x})(Y - \bar{y})$  в исходных единицах, которые записываются по таблице 3.

**Таблица 3 – Результаты расчета вспомогательных величин при вычислении корреляции и регрессии  $Y$  по  $X$**

$Y_1 = \frac{Y - 0,85}{0,21}$		$X_1 = \frac{X - 0,2}{0,035}$				$f_Y$	$f_Y Y_1$	$f_Y Y_1^2$
		-2	-1	0	1			
		0,15	0,18	$A_X = 0,2$	0,26			
1	0,66	9	7	1	–	17	17	17
0	$A_Y = 0,85$	–	3	1	–	4	0	0
-1	1,0	–	–	4	3	7	-7	7
$f_X$	–	9	10	6	3	$n = 28$	$10 = \sum(f_Y Y_1)$	$24 = \sum f_Y Y_1^2$
$f_X X_1$	–	-18	-10	0	3	$-25 = \sum(f_X X_1)$	–	–
$f_X X_1^2$	–	36	10	0	3	$49 = \sum(f_X X_1^2)$	–	–
$f_X X_1 Y_1$	–	-18	-7	0	-3	$-28 = \sum f_X X_1 Y_1$	–	–
$n = 28$ ;								
$\bar{x} = A_X + i_X \sum(f_X X_1) / n = 0,2 - 0,035 \cdot 25 / 28 = 0,17$ л/(с·км);								
$\bar{y} = A_Y + i_Y \sum(f_Y Y_1) / n = 0,85 + 0,21 \cdot 10 / 28 = 0,93$ м								
$\sum(X - \bar{x})^2 = i_X^2 (\sum f_X X_1^2 - \sum(f_X X_1)^2 / n) = 0,035^2 (49 - (-25)^2 / 28) = 0,03$								
$\sum(Y - \bar{y})^2 = i_Y^2 (\sum f_Y Y_1^2 - \sum(f_Y Y_1)^2 / n) = 0,21^2 (24 - 10^2 / 28) = 0,88$								
$\sum(X - \bar{x})(Y - \bar{y}) = i_{xy} (\sum(f_X X_1 Y_1) - \sum(f_X X_1) \cdot \sum(f_Y Y_1) / n) = 0,035 \cdot (-28 + 25 \cdot 10 / 28) = -0,02$								

Вычислим выборочный коэффициент корреляции, регрессии и составим уравнение регрессии  $Y$  по  $X$  :

$$r = \frac{\sum (X - \bar{x})(Y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{x})^2 \sum (Y - \bar{y})^2}} = \frac{-0,02}{\sqrt{0,03 \cdot 0,88}} = -0,13,$$

$$b_{xy} = \frac{\sum (X - \bar{x})(Y - \bar{y})}{\sum (X - \bar{x})^2} = \frac{-0,02}{0,03} = -0,7,$$

где  $r$  – коэффициент корреляции;

$b_{xy}$  – коэффициент регрессии.

Так как выборочный коэффициент корреляции близок к нулю, то можно сказать, что величины  $Y$  и  $X$  могут быть связаны нелинейной корреляционной зависимостью, а в некоторых случаях функциональной зависимостью. Так как выборочный коэффициент корреляции меньше нуля ( $r < 0$ ), то можно сказать, что при бесконтрольном увеличении напора будет наблюдаться снижение удельного расхода за счет фильтрационно-суффозионных деформаций дрены.

Запишем уравнение регрессии в следующем виде:

$$Y = \bar{y} + b_{xy}(X - \bar{x}) = 0,93 - 0,7(X - 0,17) = 1,1 - 0,7X.$$

Из полученного уравнения регрессии видно, что удельные расходы дрен будут снижаться на 0,7 л/(с·км) при напорах в придренированной зоне выше 0,28 м.

Определяем стандартные ошибки и критерий значимости, доверительные интервалы для  $r$  и  $b_{xy}$ :

$$S_r = \sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 2}} = \sqrt{\frac{1 - (-0,13)^2}{28 - 2}} = 0,2,$$

где  $S_r$  – стандартная ошибка коэффициента корреляции.

$$S_b = S_r \sqrt{\frac{\sum (Y - \bar{y})^2}{\sum (X - \bar{x})^2}} = 0,2 \sqrt{\frac{0,88}{0,03}} = 1,1 \text{ л/(с·км)},$$

где  $S_b$  – ошибка коэффициента регрессии.

$$S_{yx} = S_r \sqrt{\sum (Y - \bar{y})^2} = 0,2 \sqrt{0,88} = 0,2 \text{ л/(с·км)},$$

где  $S_{yx}$  – стандартная ошибка коэффициента регрессии.

Проверяем нуль-гипотезу  $H_0$ , которая устанавливается на основании распределения Стьюдента:

$$t_r = \frac{r}{S_r} = \frac{0,13}{0,2} = 0,65,$$

$$v_r = n - 2 = 28 - 2 = 26,$$

где  $t_r$  – критерий существенности коэффициента регрессии;

$v_r$  – число степеней свободы.

$$r \pm t_{0,5} S_r = -0,13 \pm 1,706 \cdot 0,2 = -0,13 \pm 0,34 (-0,47...0,21);$$

$$b_{yx} \pm t_{0,5} \cdot S_b = -0,7 \pm 1,706 \cdot 1,1 = -0,7 \pm 1,88 (-1,58...1,18),$$

где  $t_{0,5}$  – табличное значение критерия Стьюдента,  $t_{0,5} = 1,706$ .

Нулевая  $H_0$  принимается, так как  $t_{0,5} > t_r$ . Так как фактическое значение  $t$ -критерия меньше табличного, то нет оснований отвергать основную гипотезу, ведь статистическая характеристика в генеральной совокупности незначимо отличается от нуля при уровне значимости  $\alpha$ .

По принятому уравнению регрессии рассчитаем средние теоретические значения  $\overline{y_x}$  для экстремальных групповых значений  $X$  и построим теоретическую линию регрессии  $Y$  и  $X$  (рисунок 1)  $\overline{y_{x,0,15}} = 1,1 - 0,7 \cdot 0,15 = 1$  м;  $\overline{y_{x,0,28}} = 1,1 - 0,7 \cdot 0,28 = 0,8$  м.

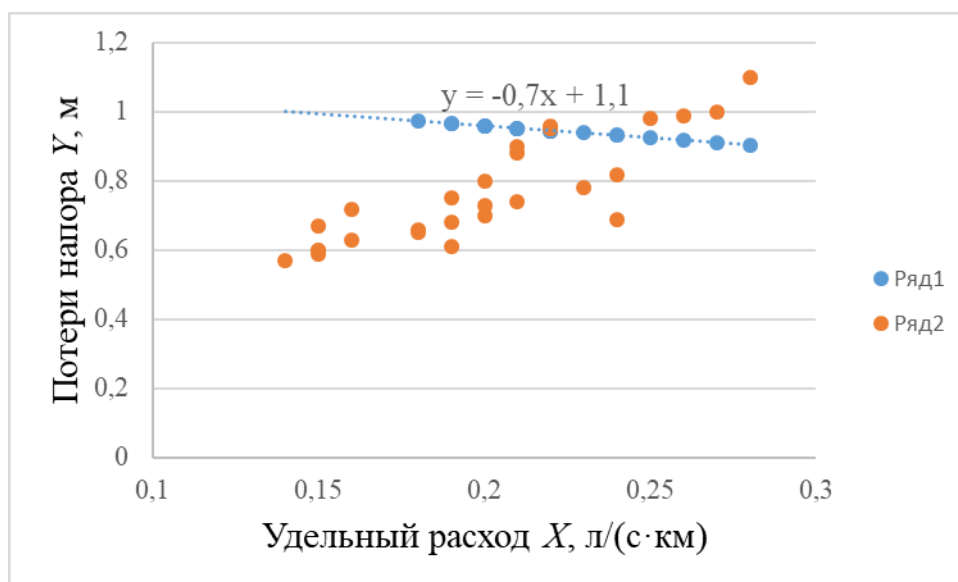
Для проверки гипотезы о линейности связи  $Y$  и  $X$  вычисляются суммы квадратов для регрессии  $C_b$  и отклонения от регрессии  $Cd_{yx}$ :

$$C_b = \frac{[\sum (X - \bar{x})(Y - \bar{y})]^2}{\sum (X - \bar{x})^2} = \frac{(-0,02)^2}{0,03} = 0,01,$$

$$Cd_{yx} = \sum (Y - \bar{y})^2 - C_b = 0,88 - 0,01 = 0,87.$$

Результаты дисперсионного анализа представим в таблице 4.





ряд 1 – теоретическая линия регрессии; ряд 2 – исходный ряд

**Рисунок 1 – Точечный график и теоретическая линия регрессии при прямолинейной регрессии между удельным расходом (л/(с·км)) и потерями напора (м)**

**Таблица 4 – Результаты дисперсионного анализа**

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Фактический критерий $F_{\phi}$ – Фишера	Табличный критерий $F_{0,5}$ – Фишера
Общая	0,88	27	–	–	–
Регрессия	0,01	1	0,01	0,3	1,92
Отклонения от регрессии	0,87	26	0,03	–	–

Примечание – Табличный критерий  $F$  – Фишера определяется при 5% уровне значимости и степени свободы  $n = 28$ .

Нулевая гипотеза об отсутствии линейной связи  $Y$  и  $X$  принимается, так как  $F_{0,5} > F_{\phi}$ , и делается вывод, что уравнение регрессии значимо.

### Выводы

1 На основании полученных данных можно считать, что между удельным расходом и напором имеется слабая связь, выборочный коэффициент корреляции всей совокупности изменяется от минус 0,47 до плюс 0,21.

2 Так как выборочный коэффициент корреляции меньше нуля ( $r < 0$ ), то можно сказать, что при бесконтрольном увеличении напора будет наблюдаться снижение удельного расхода за счет фильтрационно-суффозионных деформаций дрены.

3 Нулевая гипотеза  $H_0: r \neq 0$  на 5% уровне значимости принимается,  $t_{0,5} > t_r$ . Судя по коэффициенту детерминации  $d_{xy} = r^2 = (-0,13)^2 = 0,02$ , примерно 2 % изменений напора в придренной зоне окажут влияние на удельный расход дрены, а остальные 98 % обусловлены изменением других факторов, которые не учитывались при построении модели (гидравлические сопротивления, коэффициент фильтрации фильтра и т. д.).

4 По уравнению вида  $Y = 1,1 - 0,7X$  для любых значений  $X$ , включая те, которых нет в исходных данных, можно рассчитать значение  $Y$ .

### Список использованных источников

1 Васильев, С. М. Экологическая концепция оценки воздействия оросительных систем на ландшафты Нижнего Дона / С. М. Васильев, В. Ц. Челахов, Е. А. Васильева. – Ростов н/Д.: Изд-во СКНЦ ВШ, 2005. – 350 с.

2 Щедрин, В. Н. Этапы развития производства дренажных работ на юге России / В. Н. Щедрин, А. С. Капустян // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2014. – № 4(16). – С. 1–24. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=292&id=293>.

3 Кузнецов, Е. В. Оценка мелиоративных приемов по снижению подтопления сельскохозяйственных земель / Е. В. Кузнецов, Н. П. Дьяченко, А. Е. Хаджиди // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. – 2005. – № 12. – С. 1–5. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2005/04/pdf/18.pdf>.

4 Опыт применения и технологические параметры глубокого закрытого дренажа при мелиорации земель в орошаемой зоне / В. И. Миронов [и др.] // Совершенствование технологий и техники орошения в современных условиях землепользования: сб. науч. тр. по материалам науч.-практ. семинара «Опыт и перспективы использования поливной техники на орошаемых землях», 15–16 дек. 2005 г. – Новочеркасск, 2005. – С. 143–151.

5 Лисконов, А. Т. Закрытый дренаж на орошаемых землях / А. Т. Лисконов, Н. Н. Бредихин, Д. П. Савчук. – Красноярск: Изд-во ун-та, 1992. – 282 с.

6 Мясков, А. В. Расчет приточности к дрене с фильтром / А. В. Мясков, Е. С. Семеринов. – Л.: СевНИИГиМ, 1974. – 8 с.

7 Сметанин, В. И. Исследования работы водоприемного слоя дренажных труб из волокнисто-пористых полимерных материалов / В. И. Сметанин, В. И. Хохлов // Природообустройство. – 2012. – № 5. – С. 17–21.

8 Аверьянов, С. Ф. Управление водным режимом мелиорируемых сельскохозяйственных земель / С. Ф. Аверьянов. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2015. – 542 с.

9 Канцибер, Ю. А. Водно-балансовые расчеты характеристик дренажа на осушаемых территориях / Ю. А. Канцибер, А. Б. Пономарев // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2017. – Т. 14, № 3. – С. 554–561.

10 Сологаев, В. И. Об определении фильтрационных параметров грунтов мелиорируемых территорий с применением метода электронных таблиц / В. И. Сологаев, И. В. Крестьяникова // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2010. – № 16. – С. 30–34.

11 Кремер, Н. Ш. Эконометрика / Н. Ш. Кремер, Б. А. Путко. – М.: Юнити-Дана, 2005. – 311 с.

12 Бредихин, Н. Н. Выбор оптимальных конструкций закрытого дренажа по различным водным нагрузкам / Н. Н. Бредихин // Докл. ВАСХНИЛ. – 1984. – № 8. – С. 32–34.

## References

1 Vasil'ev S.M., Chelakhov V.Ts., Vasil'eva E.A., 2005. *Ekologicheskaya kontseptsiya otsenki vozdeystviya orositel'nykh sistem na landshafty Nizhnego Dona* [Environmental Assessment Concept of the Impact of Irrigation Systems on the Landscapes of the Lower Don]. Rostov n/Don, North Caucasus Scientific Centre HSh Publ., 350 p. (In Russian).

2 Shchedrin V.N., Kapustyan A.S., 2014. *Etapy razvitiya proizvodstva drenazhnykh rabot na yuge Rossii* [Development stages of the production of drainage works in the south of Russia]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii* [Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems], no. 4(16), pp. 1-24, available: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=292&id=293>. (In Russian).

3 Kuznetsov E.V., D'yachenko N.P., Khadzhidi A.E., 2005. *Otsenka meliorativnykh priemov po snizheniyu podtopleniya sel'skokhozyaystvennykh zemel'* [Evaluation of reclamation techniques to reduce flooding of agricultural land]. *Politematicheskiiy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University], no. 12, pp. 1-5, available: <http://ej.kubagro.ru/2005/04/pdf/18.pdf>. (In Russian).

4 Mironov V.I. [et al.], 2005. *Opyt primeneniya i tekhnologicheskie parametry glubokogo zakrytogo drenazha pri melioratsii zemel' v oroshaemoy zone* [Experience and technological parameters of deep subsurface drainage during land reclamation in the irrigated zone]. *Sovershenstvovanie tekhnologii i tekhniki orosheniya v sovremennykh usloviyakh zemlepol'zovaniya: sb. nauch. tr. po materialam nauchno-prakticheskogo seminaru «Opyt i perspektivy ispol'zovaniya polivnoy tekhniki na oroshaemykh zemlyakh»* [Improvement of irrigation technologies and techniques under modern land use conditions: Proceed. of scientific-practical seminar “Experience and Prospects for Irrigation Equipment Use on Irrigated lands”]. Novocherkassk, pp. 143-151. (In Russian).

5 Liskonov A.T., Bredikhin N.N., Savchuk D.P., 1992. *Zakrytyy drenazh na oroshaemykh zemlyakh* [Subsurface Drainage on Irrigated Lands]. Krasnoyarsk, University Publ., 282 p. (In Russian).

6 Myaskov A.V., Semerinov E.S., 1974. *Raschet pritochnosti k drene s fil'trom* [Calculation of Inflow to Filter Drain]. Leningrad, SevNIIGiM Publ., 8 p. (In Russian).

7 Smetanin V.I., Khokhlov V.I., 2012. *Issledovaniya raboty vodopriemnogo sloya drenazhnykh trub iz voloknistoporistykh polimernykh materialov* [Investigations of the operation of the water-receiving layer of drain pipes made of fibrous-porous polymeric materials]. *Prirodoobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 5, pp. 17-21. (In Russian).

8 Aver'yanov S.F., 2015. *Upravlenie vodnym rezhimom melioriruemyykh sel'skokhozyaystvennykh zemel'* [Soil Water Regime Management in Reclaimed Agricultural Land]. Moscow, RSAU-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev Publ., 542 p. (In Russian).

9 Kanziber Yu.A., Ponomarev A.B., 2017. *Vodno-balansovye raschety kharakteristik drenazha na osushaemykh territoriyakh* [Water-balance land drainage performance calculations in dry areas]. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobshcheniya* [Bull. of Petersburg University of Railway Transport], vol. 14, no. 3, pp. 554-561. (In Russian).

10 Sologaev V.I., Krest'yanikova I.V., 2010. *Ob opredelenii fil'tratsionnykh parametrov gruntov melioriruemyykh territoriy s primeneniem metoda elektronnykh tablits*

[On determination of soils filtration parameters reclaimed territories using the spreadsheet method]. *Vestnik Sibirskoy gosudarstvennoy avtomobil'no-dorozhnoy akademii* [Bull. of Siberian State Automobile and Highway Academy], no. 16, pp. 30-34. (In Russian).

11 Kremer N.Sh., Putko B.A., 2005. *Ekonometrika* [Econometrics]. Moscow, Unity-Dana Publ., 311 p. (In Russian).

12 Bredikhin N.N., 1984. *Vybor optimal'nykh konstruksiy zakrytogo drenazha po razlichnym vodnym nagruzkam* [Choice of Subsurface Drainage Optimal Constructions for Different Water Loads]. *Dokl. VASKHNIL* [Reports of the All-Union Academy of Agricultural Sciences], no. 8, pp. 32-34. (In Russian).

---

**Грушко Денис Владимирович**

Должность: аспирант

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

**Grushko Denis Vladimirovich**

Position: Postgraduate Student

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

**Домашенко Юлия Евгеньевна**

Ученая степень: кандидат технических наук

Должность: ведущий научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

**Domashenko Yuliya Yevgenyevna**

Degree: Candidate of Technical Sciences

Position: Leading Researcher

Affiliation: Russian Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

**Васильев Сергей Михайлович**

Ученая степень: доктор технических наук

Ученое звание: доцент

Должность: врио директора

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

**Vasilyev Sergey Mikhaylovich**

Degree: Doctor of Technical Sciences

Title: Associate Professor

Position: Acting Director

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: [rosniipm@yandex.ru](mailto:rosniipm@yandex.ru)