

**РАЗРАБОТКА СПОСОБА ОЧИСТКИ ДРЕНАЖНО-СБРОСНЫХ ВОД
НА РИСОВОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ**
DEVELOPMENT OF A METHOD FOR PURIFICATION OF DRAINAGE AND
WASTE WATERS ON A RICE IRRIGATION SYSTEM



УДК 631.6

DOI:10.24411/2588-0209-2021-10307

Приходько Игорь Александрович

к.т.н, доцент, кафедра «Строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов», Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар

Сергеев Александр Эдуардович

к.ф.-м.н., доцент, кафедра «Высшей математики», Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар

Prikhodko Igor Alexandrovich

Candidate of Tech. Sciences, Associate Professor, Department of Construction and Operation of Water Management Facilities, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar

Sergeev Alexander Eduardovich

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Department of Higher Mathematics, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar

Аннотация

Современный этап развития научно-технического прогресса позволяет перейти на эколого-органическое земледелие. Однако имеющиеся у работников агропромышленного комплекса экономические сложности при производстве сельскохозяйственной продукции, в результате сокращения среднегодовых атмосферных осадков, площадей сельскохозяйственного назначения, объемов пригодной для орошения пресной воды, ставят задачу получения гарантированно высоких урожаев практически невыполнимой. В связи с этим решать такую задачу необходимо поэтапно, ранжируя этапы перехода и

определяя очередь их реализации. Поскольку наиболее трудоемким и ресурсозатратным производством является возделывание риса, то первым этапом необходимо разработать новую методологию возделывания риса, которая могла бы снизить себестоимость производства риса, антропогенную нагрузку на почвы рисовой оросительной системы и снизить загрязнение водных источников дренажно-сбросными водами. В наших исследованиях мы предлагаем использовать органический способ очистки дренажного стока галофитами, высаженными в фито-секции расположенные в сбросных каналах рисовой оросительной системы. В работе установлено, что применение фито-секций различной длины, в зависимости от химического состава дренажно-сбросных вод, позволяют очистить дренажный сток от механических примесей, органических и биогенных элементов, снизить суффозию и вынос питательных веществ с рисовых чеков, сократить оросительную норму на 10 %, повысить мелиоративное состояние почв, а также уменьшить себестоимость производства риса на 7 %.

Summary

The current stage in the development of scientific and technological progress makes it possible to switch to ecological-organic farming. However, the economic difficulties of the workers of the agro-industrial complex in the production of agricultural products, as a result of the reduction in average annual precipitation, agricultural areas, volumes of fresh water suitable for irrigation, pose the task of obtaining guaranteed high yields is practically impossible. In this regard, it is necessary to solve such a problem in stages, ranking the stages of the transition and determining the turn of their implementation. Since the most labor-intensive and resource-intensive production is rice cultivation, the first stage is to develop a new methodology for rice cultivation, which could reduce the cost of rice production, anthropogenic load on the soils of the rice irrigation system and reduce the pollution of water sources with drainage and waste waters. ... In our research, we propose to use an organic method of purifying drainage runoff by halophytes planted in phytosections located in the discharge canals of the rice irrigation system. It was found in the work that the use of phytosections of various lengths, depending on the chemical composition of drainage and waste waters, allows to clean the drainage runoff from mechanical impurities, organic and biogenic elements, to reduce suffusion and removal of nutrients from rice paddies, to reduce the irrigation rate by 10 %, to increase the ameliorative condition of soils, and also to reduce the cost of rice production by 7 %.

Ключевые слова: рис, урожайность, очистка дренажных вод, органическое земледелие, сбросной канал, галофит.

Key words: rice, yield, drainage water treatment, organic farming, waste canal, halophyte.

Введение.

Рис – это культура, имеющая стратегическое значение для любого государства. В современном технократическом обществе с постоянно растущим уровнем научно-технического прогресса необходимо ежегодно совершенствовать применяемые технологии возделывания риса для сохранения агресурсного потенциала почв и получения гарантированно высоких и экологически чистых урожаев риса [1]. Однако фактически многие технологические операции не только не совершенствуются, но и не выполняются в полном объеме из-за отсутствия экономических и/или технических возможностей хозяйств. Как правило, снижение агресурсного потенциала почв компенсируется внесением дополнительных доз удобрений, которые снижают качество получаемого зерна, ухудшает мелиоративное состояние почв и приводит к сильному загрязнению дренажно-сбросных вод [2].

Мировые исследования в области совершенствования способов выращивания сельскохозяйственных культур доказывают, что решение проблемы сохранения благоприятной эколого-мелиоративной ситуации на рисовой оросительной системе и получения гарантировано высоких урожаев качественного зерна заключается в переходе на органическое земледелие [3].

К сожалению, в российской Федерации, в отличие от других ведущих аграрных стран мира, нет стандартов определяющих критерии органического производства сельскохозяйственной продукции, а из-за спекуляций на рынке «экологически чистой» продукцией с 1 января 2004 года вообще запрещено ее так маркировать [4].

Актуальность, научная значимость.

В настоящее время в России, в частности на Кубани, многие сельхозпроизводители в отрасли рисоводства хотели бы перейти на производство и реализацию через сеть фирменных магазинов биологически чистой и качественной продукции [5, 6]. Их сдерживает отсутствие нормативной базы, недостаток знаний о механизмах и технологиях такого перехода, в то время как в практике рисосеяния Кубани имеются прецеденты перехода на экологически чистые технологии отдельных хозяйств [7]. Значимость применения таких технологий сложно переоценить, а накопление положительного опыта применения органических технологий позволит не только вывести агропромышленный комплекс России на совершенно новый уровень ведения сельского хозяйства, но и создать предпосылки к оздоровлению нации [8, 9].

Постановка задачи.

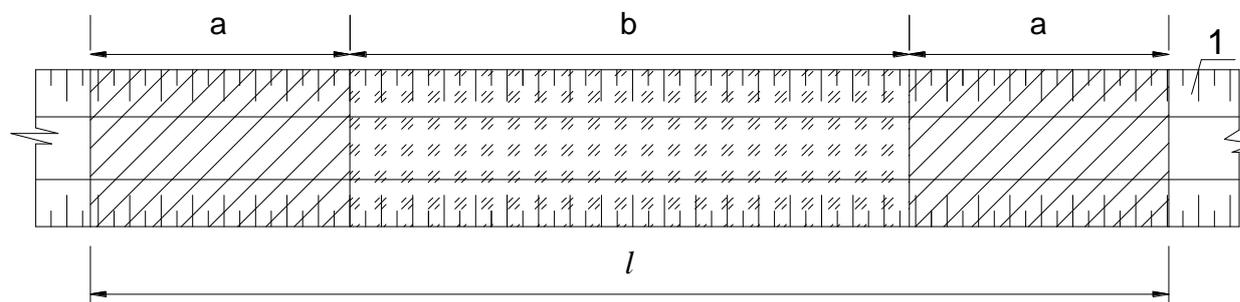
Основной задачей повышения рентабельности производства риса является снижение себестоимости его производства [10]. На сегодняшний день самые большие затраты идут на ежегодные эксплуатационные работы на рисовой оросительной системы (поддержание водоподающей, дренажно-сбросной и оградительной сети, гидротехнических сооружений, устройств автоматики, связи, сети дорог и лесополос), выполнения комплекса агротехнологических операций и оплату услуг по подаче и отводу воды на рисовой оросительной системе [11, 12].

Исследования показывают, что рис, при принятой технологии возделывания затоплением, потребляет половину от общего объема оросительной воды или до 30% от всех запасов пресной воды в мире, при этом сама биологическая потребность риса значительно ниже (6-8 тыс. м³ воды в зависимости от погодных и почвенных условий), остальное расходуется на боковой отток, фильтрацию и сброс [13]. Особенно следует здесь отметить потери на фильтрацию, которые по разным подсчетам составляют от 25 % до 50 % от общего объема подаваемой на оросительную систему воды (для тяжелых почв) и 50 % - 85 % – для почв с легким гранулометрическим составом. Весь перехватываемый дренажно-сбросной сетью каналов фильтрационный сток и сбросные воды выносят с рисовых полей в них не только органические вещества, но и вносимые в процессе производства риса пестициды и гербициды. Следовательно, одной из главных задач при производстве риса является повышение эффективности очистки дренажного стока от органических веществ, биогенных элементов и механических примесей.

Теоретическая часть.

В наших исследованиях мы предлагаем способ очистки дренажного стока рисовой оросительной системы, который осуществляют следующим образом: в первый год осуществления способа очистки дренажного стока рисовой оросительной системы, в различных сбросных каналах, формируются фито-секции по следующей схеме: *a-b-a* (рисунок 1).

Рисунок 1 – Схема сбросного канала с размещенной в нем фито-секцией: где *a* – расстояние по длине сбросного канала, в метрах, с высадкой галофита Татора, *b* – расстояние по длине сбросного канала,



в метрах, с высадкой галофита Эйхорния, 1 – длина фито-секции. *l* сбросной канал

Ежегодно осенью, перед отключением подачи воды на рисовую оросительную систему, с водной поверхности сбросного канала собирается галофит Эйхорния и вносится на рисовые чеки и после отключения подачи воды на рисовую оросительную систему, скашивается галофит Татора и также как Эйхорния, после измельчения, вносится на рисовые чеки для обогащения почвы органическими веществами и повышения мелиоративного состояния почвы, после чего выполняются плановые ежегодные межвегетационные ремонтно-восстановительные и эксплуатационные работы на рисовой оросительной системе.

В целях установления экономико-эколого-оптимального расстояния для значений *a* и *b* в фито-секции, принимаются их различные варианты протяженности высадки вдоль длины сбросного канала, затем непосредственно после прохождения дренажно-сбросного стока фито-секции, осуществлялся отбор проб и определялся их химический состав, после чего сравнивается с результатами химического состава проб из сбросного канала без фито-секций (контроль) и делается заключение об наиболее эффективной схеме фито-секции.

5. Практическая значимость, предложения и результаты внедрения

Испытания способа очистки дренажного стока рисовой оросительной системы проводилось в Краснодарском крае в АО «Черноерковское» Славянского района (2-е отделение). На всех полях хозяйства используются карты Краснодарского типа, а возделываемой культурой риса являлся – сорт Лиманный. Режим орошения – постоянное затопление.

В целях установления экономико-эколого-оптимального расстояния для значений a и b в фито-секции были приняты три группы схем со следующими вариантами: 1 группа: 10-50-10, 10-100-10, 10-150-10; 2 группа: 20-50-20, 20-100-20, 20-150-20; 3 группа: 30-50-30, 30-100-30, 30-150-30.

Для определения эффективности работы фито-секций в вегетационный период риса, в начале, середине и конце периода его вегетации осуществлялся отбор проб дренажно-сбросного стока и определялся его химический состав. При этом отбор проб дренажно-сбросного стока производился непосредственно после прохождения им фито-секции.

Установлено, что наибольшее загрязнение дренажно-сбросного стока наблюдалось в период окончания кущения и до фазы полной молочной – начала восковой спелости риса, когда на чеках создается и поддерживается слой воды в 10–12 сантиметров и происходит максимальная фильтрация оросительной воды из чека в водоотводящую сеть рисовой оросительной системы.

Из таблиц 1–4 установлено, что наиболее эффективны схемы 2 группы, а наиболее эффективный вариант фито-секции во второй группе по схеме $a-b-a - 20-150-20$.

Таблица 1 – Химический состав дренажных вод по первой группе схем фито-секций

Схема фито-секции		10-50-10						10-100-10						10-150-10						
Дата отбора		05.08. 2018		02.09. 2018		25.06. 2018		05.08. 2018		02.09.20 18		25.06. 2018		05.08. 2018		02.09. 2018		25.06. 2018		
Химический состав воды		мг/л	мг/экв																	
анионы	НСО ₃ гидрокарбонат	762	12,50	691	11,33	652	10,69	748	12,27	675	11,07	634	10,40	735	12,05	658	10,79	615	10,09	
	СО ₃ зкарбонат	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Сl ₃ хлор	414	11,67	387	10,91	351	9,90	401	11,31	356	10,04	312	8,80	381	10,74	352	9,92	310	8,74	
	SO ₄ сульфат	1594	33,22	1404	29,26	1352	28,18	1489	31,03	1368	28,51	1321	27,53	1449	30,20	1341	27,95	1288	26,84	
	NO ₃ нитрат	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	NO ₂ нитрит	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Сумма анионов	-	57,39	-	51,50	-	48,76	-	54,60	-	49,61	-	46,72	-	52,99	-	48,66	-	45,67	
катионы	Са ²⁺ кальций	621	31,05	594	29,70	570	28,50	551	27,55	518	25,90	499	24,95	478	23,90	452	22,60	427	21,35	
	Mg ²⁺ магний	146	12,19	141	11,77	136	11,35	130	10,85	124	10,35	119	9,93	113	9,43	107	8,93	101	8,43	
	Na ⁺ натрий	489	21,47	476	20,45	452	19,43	438	19,42	425	18,41	412	17,39	399	17,38	381	16,36	365	15,35	

			26		70		65		04		8		91		35		57		87
	К' калий	16	0,4 2	15	0,3 9	15	0,3 9	14	0,3 6	14	0,36	13	0,3 4	13	0,3 4	13	0,3 4	12	0,3 1
	Сумма катионов	-	64, 91	-	62, 55	-	59, 89	-	57, 81	-	55,0 9	-	53, 13	-	51, 02	-	48, 43	-	45, 96
другие показатели	рН		7,7		7,7		7,6		7,6		7,5		7,5		7,4		7,4		7,4
	СО ₂ свободная углекислота	40	0,8 8	39	0,8 6	36	0,7 9	35	0,7 7	33	0,73	30	0,41, 36	28	0,6 2	27	0,5 9	25	0,5 5
	окисляемость	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	сухой остаток	366	-	336	-	320	-	339	-	314	-	299	-	320	-	297	-	281	-
	сумма ионов	404	-	370	-	352	-	377	-	348	-	331	-	356	-	330	-	311	-

Таблица 2 – Химический состав дренажных вод по второй группе схем фито-секций

Схема фито-секции		20-50-20						20-100-20						20-150-20					
Дата отбора		05.08. 2018		02.09. 2018		25.06. 2018		05.08. 2018		02.09.20 18		25.06. 2018		05.08. 2018		02.09. 2018		25.06. 2018	
Химический состав воды		мг/ л	мг/ экв																
анионы	НСО ₃ гидрокарбонат	714	11,7 1	624	10,2 3	581	9,53	682	11,1 8	586	9,61	564	9,25	651	10,6 8	549	9,00	513	8,41
	СО ₃ карбонат	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Сl ₃ хлор	353	9,95	319	8,99	279	7,87	327	9,22	280	7,89	246	6,94	298	8,40	249	7,02	212	5,98
	SO ₄ сульфат	141	29,4 3	129	26,8 8	122	25,6 9	137	28,6 5	124	25,9 7	119	24,8 4	132	27,6 7	1204	25,0 9	1152	24,0 1
	NO ₃ нитрат	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	NO ₂ нитрит	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Сумма анионов	-	51,0 9	-	46,1 1	-	43,0 1	-	49,0 6	-	43,4 7	-	41,0 7	-	46,7 3	-	41,1 1	-	38,4 0
катионы	Са ²⁺ кальций	398	19,9 0	379	18,9 5	355	17,7 5	326	16,3 0	298	14,9 0	278	13,9 0	254	12,7 0	222	11,1 0	199	9,95
	Mg ²⁺ магний	89	7,43	82	6,84	75	6,26	69	5,76	58	4,84	51	4,26	46	3,84	40	3,34	34	2,84
	Na ⁺ натрий	349	15,1 7	332	14,4 3	312	13,5 7	295	12,8 3	271	11,7 8	250	10,8 7	226	9,83	203	8,83	187	8,13
	К ⁺ калий	12	0,31	12	0,31	11	0,29	11	0,29	10	0,26	10	0,26	9	0,23	9	0,23	8	0,21
	Сумма катионов	-	42,8 1	-	40,5 4	-	37,8 6	-	35,1 7	-	31,7 8	-	29,2 9	-	26,6 0	-	23,5 0	-	21,1 3
другие показатели	рН		7,4		7,3		7,3		7,2		7,2		7,2		7,1		7,1		7,0
	СО ₂ свободная углекислота	23	0,51	20	0,44	17	0,37	15	0,33	13	0,29	10	0,22	7	0,15	4	0,09	1	0,02
	окисляе-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

мость																		
сухой остаток	2970	-	2726	-	2552	-	2744	-	2456	-	2311	-	2486	-	2201,5	-	2048,5	-
сумма ионов	3327	-	3038	-	2842	-	3085	-	2749	-	2593	-	2811	-	2476	-	2305	-

Таблица 3 – Химический состав дренажных вод по третьей группе схем фито-секций

Схема фито-секции		30-50-30						30-100-20						30-150-30					
Дата отбора		05.08, 2018		02.09, 2018		25.06, 2018		05.08, 2018		02.09.2018		25.06, 2018		05.08, 2018		02.09, 2018		25.06, 2018	
Химический состав воды		мг/л	мг/экв	мг/л	мг/экв	мг/л	мг/экв	мг/л	мг/экв	мг/л	мг/экв	мг/л	мг/экв	мг/л	мг/экв	мг/л	мг/экв	мг/л	мг/экв
анионы	НСО ₃ гидрокарбонат	646	10,59	539	8,84	502	8,23	639	10,48	528	8,66	496	8,13	628	10,30	519	8,51	488	8,00
	СО ₃ карбонат	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Сl ₃ хлор	289	8,15	241	6,79	205	5,78	276	7,78	233	6,57	196	5,53	269	7,58	227	6,40	187	5,27
	SO ₄ сульфат	1319	27,49	1191	24,82	1144	23,84	1305	27,20	1183	24,65	1132	23,59	1292	26,93	1174	24,47	1126	23,47
	NO ₃ нитрат	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	NO ₂ нитрит	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Сумма анионов	-	46,23	-	40,45	-	37,85	-	45,46	-	39,88	-	37,25	-	44,81	-	39,38	-	36,74
катионы	Са ²⁺ кальций	195	9,75	190	9,50	188	9,40	186	9,30	183	9,15	178	8,90	175	8,75	172	8,60	167	8,35
	Mg ²⁺ магний	32	2,67	31	2,59	30	2,50	30	2,50	29	2,42	29	2,42	28	2,34	27	2,25	26	2,17
	Na ⁺ натрий	149	6,48	144	6,26	137	5,96	133	5,78	129	5,61	125	5,43	119	5,17	116	5,04	113	4,91
	К ⁺ калий	8	0,21	8	0,21	8	0,21	8	0,21	7	0,18	7	0,18	7	0,18	7	0,18	6	0,16
	Сумма катионов	-	19,11	-	18,56	-	18,07	-	17,79	-	17,36	-	16,94	-	16,44	-	16,08	-	15,59
другие показатели	рН	7		7		7		7		7		7		7		7		7	
	СО ₂ свободная углекислота	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	окисляемость	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	сухой остаток	2315	-	2075	-	1963	-	2258	-	2028	-	1915	-	2204	-	1982,5	-	1869	-
сумма ионов	2638	-	2344	-	2214	-	2577	-	2292	-	2163	-	2518	-	2242	-	2113	-	

Таблица 4 – Химический состав дренажных вод – контроль

Схема фито-секции	Контроль		
Дата отбора	05.08.2018	02.09.2018	25.06.2018

Единицы измерения		мг/л	мг/экв.	мг/л	мг/экв.	мг/л	мг/экв.
анионы	HCO ₃ ' гидрокарбонат	890	14,59	826	13,55	794	13,02
	CO ₃ " карбонат	-	-	-	-	-	-
	Cl' хлор	452	12,74	422	11,90	398	11,22
	SO ₄ " сульфат	1793	37,37	1685	35,12	1591	33,16
	NO ₃ ' нитрат	-	-	-	-	-	-
	NO ₂ ' нитрит	-	-	-	-	-	-
	Сумма анионов	-	64,70	-	60,56	--	57,40
катионы	Ca" кальций	644	32,20	631	31,55	609	30,45
	Mg" магний	158	13,19	152	12,69	144	12,02
	Na' натрий	506	22,00	491	21,35	478	20,78
	K' калий	19	0,49	18	0,47	17	0,44
	Сумма катионов	-	67,88	-	66,05	-	63,69
другие показатели	pH	7,8		7,8		7,7	
	CO ₂ свободная углекислота	42	0,92	41	0,90	39	0,86
	окисляемость	-	-	-	-	-	-
	сухой остаток	2975		2810,5		4017	
	сумма ионов	3304		3118		4462	

Выполненные исследования доказали, что создание подпора в участковом канале за счет прохождения дренажно-сбросного стока через фито-секцию уменьшает фильтрационный отток оросительной воды с рисового чека, снижает потери оросительной воды, уменьшает суффозию и вынос питательных веществ из пахотного горизонта, что наряду с внесением галофитов на рисовые чеки приводит к улучшению мелиоративного состояния почв и экологической ситуации на рисовой оросительной системе (таблица 5). Для оценки изменения мелиоративного состояния почв были взяты почвенные образцы с рисовых чеков трех рисовых полей с участковыми каналами, относящимися ко второй группе схем фито-секций.

Таблица 5 – Изменение мелиоративного состояния почв рисовых чеков

Наименование	Глубина отбора, см	Содержание агрегатов 0,25-10мм, % от массы воздушно-сухой почвы	Сумма водопрочных агрегатов >0,25мм, %	Гидролизуемый азот, мг/100 г	Фосфор подвижный, мг/100 г	Калий подвижный, мг/100 г	% гумуса на абсолютно сухую почву
Фито-секция 20-50-20	0-5	47,9	30,2	3,82	2,21	7,7	3,28
	5-10	43,2	28,4	3,12	1,96	7,5	2,99
Фито-секция 20-100-20	0-5	48,3	31,6	3,94	2,33	7,7	3,30
	5-10	43,4	29,3	3,26	2,23	7,6	3,02
Фито-секция 20-150-20	0-5	49,5	32,8	4,12	2,56	7,8	3,32
	5-10	43,6	30,6	3,89	2,32	7,6	3,05
контроль	0-5	38,8	29,2	3,57	2,05	7,5	3,25
	5-10	30,9	27,4	3,03	1,84	7,2	2,98

Анализ данных таблицы 5 показал улучшение мелиоративного состояния почв рисовых полей и подтвердил эффективность в сравнении с контролем предлагаемого способа очистки дренажного стока рисовой оросительной системы (таблица 5).

Выводы.

За счет снижения потерь оросительной воды путем уменьшения фильтрационного оттока оросительной воды, а, следовательно, и уменьшения суффозии и выноса питательных веществ из пахотного горизонта с рисового чека удалось снизить оросительную норму на 10%, уменьшить дозы внесения органических и минеральных удобрений на 15% и снизить себестоимость производства риса на 7%.

Литература

1. Патент Российская федерация 2505486 МПК C02F 1/28 (2006.01) E02B 13/00 (2006.01) A01G 25/00 (2006.01) Способ очистки дренажного стока и устройство для его осуществления / Е. В. Кузнецов, А. Е. Хаджиди, И. А. Приходько, Д. Г. Серый заявитель и патентообладатель Кубанский ГАУ. – № 2012110440/05 заявл. 19.03.2012; опубл. 27.01.2014. – 8 с.

Literatura

1. Patent Rossiiskaya federatsiya 2505486 MPK C02F 1/28 (2006.01) E02B 13/00 (2006.01) A01G 25/00 (2006.01) Sposob ochistki drenazhnogo stoka i ustroistvo dlya ego osushchestvleniya / E. V. Kuznetsov, A. E. Khadzhidi, I. A. Prikhod'ko, D. G. Seryi zayavitel' i patentoobladatel' Kubanskii GAU. – № 2012110440/05 zayavl. 19.03.2012; opubl. 27.01.2014. – 8 s.