

УДК 626.862.91

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОЧИСТКИ ДРЕНАЖА ОТ ЗАИЛЕНИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫМ НАПОРНЫМ ПОТОКОМ, СОЗДАВАЕМЫМ ОТКАЧКОЙ ВОДЫ ИЗ ЕГО ПОЛОСТИ

Н. К. Вахонин, кандидат технических наук, доцент

РУП «Институт мелиорации»,
г. Минск, Беларусь

Аннотация

В статье проанализированы недостатки известных способов очистки дренажа от заиления. Показано, что главным недостатком наиболее распространенного способа очистки дренажопромывочной машиной является возможность осуществления его только в маловодные периоды при свободном дренажном устье. В результате этого имеет место дефицит воды. Более того, учитывая ее потери на подъем УГВ, проблематично обеспечение достаточных для удаления наносов скоростей.

Изложен новый способ очистки высокоскоростным напорным потоком, создаваемым откачкой воды из полости дренажа насосом в многоводный период. Представлены возможные вариации реализации способа. Приведены результаты экспериментальной проверки способа в производственных условиях.

Ключевые слова: дренаж, заиление, способы очистки, дренажопромывочная машина, откачка из дренажа, напор, расход, скорость

Abstract

N.K. Vakhonin

HYDRAULIC METHOD OF CLEANING DRAINAGE FROM SILTING USING HIGH-SPEED PRESSURE FLOW CREATED BY PUMPING WATER FROM ITS CAVITY

The article analyzes the limitations of the known methods of cleaning drainage from silting. It is shown that the main disadvantage of the most common method of cleaning with a drape-washing machine is the possibility of its implementation only during low-water periods with a free drainage mouth. As a result, there is a water deficit and it is problematic to ensure sufficient speed for removing sediment due to shortage of water for washing.

A new method of cleaning using high-speed pressure flow created by pumping water from the drainage cavity by the pump during the high-water period is described. Possible variations of the implementation methods are presented. The results of experimental verification of the method under production conditions are given.

Keywords: *drainage, silting, methods of cleaning, draining machine, pumping out of drainage, pressure, flow rate, speed*

В Беларуси осушено дренажем 2,2 млн га, большая часть которого построена в 1960–1970 гг., т.е. функционирует более 50 лет.

Заиление полости дренажа является одной из основных причин, ведущих к снижению его осушительного действия, вплоть до полного выхода из строя. Поэтому очистка от заиления является одним из актуальнейших и одновременно дорогостоящих мероприятий при эксплуатации дренажа (общая длина дренажных линий составляет 975 тыс. км – четыре расстояния от Земли до Луны).

Теоретические основы исследований

Перечень физических принципов, на которых основываются известные способы очистки дренажа, достаточно ограничен и может быть разделен на механическую очистку и очистку потоком движущейся воды.

Одним из вариантов механической очистки дренажа от заиления является их раскопка и удаление наилка из вскрытых трубок [1]. Недостатком способа является его низкая производительность в связи с большими затратами на отыскание, раскопку и очистку заиленных участков, а также необходимость нарушения целостности дренажной

линии для обеспечения очистки, ненадлежащее соединение которой после осуществления работ может привести к заилению в дальнейшем. В связи с этим очевидно, что очистка дренажа путем раскопки является целесообразной только в случае, когда в этом месте необходим ремонт дренажа в связи с разрушением или смещением дренажных трубок или нарушением целостности фильтровой защиты.

Другим вариантом механической очистки дренажа является проталкивание вдоль его трассы различных видов ершиков, прочисток разного вида (шершавых, винтообразных и т.п.) [2, 3].

Недостатком метода является предельная ограниченность длины участка от устья дренажного коллектора или смотрового колодца (вырытого шурфа) на нем, на котором физически возможно проталкивание прочисток.

Из вариантов очистки водным потоком известен способ очистки дренажного трубопровода путем создания импульсного режима потока воды посредством периодического закрывания и открывания дренажного трубопровода в устье [4]. Недостатком этого способа является то, что из-за малого объема запасаемой в дренаже воды (не превышающего объем его полости), в том числе и в связи с расходом части воды на подпитку глубоко стоящих в этот период УГВ, скорости будут возрастать на непродолжительный промежуток времени и незначительную величину, не гарантирующую достижение критических на размыв и вынос наилка значений по трассе коллектора. При этом даже для частичной очистки придется многократно осуществлять нетехнологичную операцию открытия-закрытия дренажного коллектора, и в целом потребуются большие затраты времени.

Наиболее распространенным является способ очистки дренажа от заиления с помощью дренпромывочных машин [2, 5–7]. При этом очистка осуществляется за счет размыва наносов струей воды, нагнетаемой насосом под большим напором через вводимый в устье дренажного коллектора шланг с реактивным насадком на конце.

При общности физических и технических принципов действия любых дренпромывочных машин имеется масса вариаций конструкции напорного насадка, отличающихся числом, расположением, размерами и углом сопел, которые определяют направ-

ление и скорость реактивной струи воды, определяющей интенсивность размыва слежавшихся наносов.

Системообразующим противоречием этого способа, при любых вариантах головок, является его несогласованность с естественно-гидрологическими условиями, порождающая главный недостаток – дефицит объемов воды для размыва и транспортировки наносов. Так как промывочная головка вводится в дренаж через устье (или разобранный коллектор в отрытом шурфе), то осуществление промывки дренпромывочной машиной возможно только при снижении уровней воды в канале (УВК) ниже уровня устьев дренажа. В связи с этим базовым физико-гидравлическим противоречием, определяющим низкую производительность и затратность способа очистки дренпромывочными машинами, является вынужденная необходимость осуществления промывки в маловодные периоды.

Учитывая неразрывность водной среды, низким уровням воды в каналах (ниже устья дренажа), обеспечивающим доступность промывки дренпромывочной машиной, соответствуют и низкие уровни грунтовых вод. В результате промывка дренпромывочной машиной возможна только в маловодные летние периоды, что порождает ряд недостатков этого способа:

- неудобство осуществления работ в связи с занятостью полей сельскохозяйственными посевами;
- необходимость открывать на осушительно-увлажнительных системах подпорные сооружения, для обеспечения освобождения устьев дренажа, в результате чего происходит нежелательное снижение УГВ в период дефицита влаги на значительной части площадей вдоль трассы канала;
- недостаточность для работы дренпромывочной машины глубин (объемов) воды в принимающем дренаж канале, в результате открытия подпорных сооружений, приводит к необходимости затратной транспортировки больших объемов воды на значительные расстояния из удаленных крупных водоисточников;
- недостаточность расходов и скоростей воды для транспортировки размываемых наносов, которые могут отлагаться ниже по течению в процессе движения потока от истока к устью дренажа, в том числе и в связи с потерями части подаваемой на промывку воды на подпитку глубокорасположенных в этот период УГВ.

Таким образом, имеет место проблема разработки способов очистки дренажа, лишенных вышеперечисленных недостатков.

Результаты и обсуждение

Исключение заиливания и самоочистка дренажа согласно нормам проектирования [8] достигается при уклоне дренажа $i_{кр} = 0,007$. Однако на малоуклонных территориях обеспечить такой уклон сложно, а кроме того из-за работы в многоводные периоды половодий и паводков дренажа с подпором от каналов, скорость зависит не от геометрического, а от пьезометрического уклона [9].

Потенциально в многоводные периоды при высоком стоянии УГВ складываются условия для промывки дренажа. Однако высоким УГВ соответствуют и высокие УВК, в связи с наличием подпоров от низлежащих водотоков, стеснением русла каналов снегом. В результате этого действующий напор Δh , под которым вода поступает в дренаж (перепад между УГВ и напором в нем), работающий в этих условиях в подпоре, составляет, как правило, не более 0,2–0,3 м. Соответственно, невелика приточность к дренажу, а в результате незначителен и отводимый им расход, а также скорость течения воды в его полости, обычно не превышающая в этих условиях несколько сантиметров в секунду. Поэтому в случае попадания в дренаж частиц грунта или образования охристых соединений транспортирующая способность потока недостаточна для их удаления. Тем более недостаточны эти скорости для удаления ранее отложившихся слежавшихся при высыхании наносов. Для этого необходимы скорости, превышающие критические на размыв: 0,3–0,4 м/с – для несвязных и 0,7–1,2 м/с – для связных грунтов.

Разработанный гидравлический метод очистки базируется на использовании складывающихся в многоводные периоды естественно-гидрологических предпосылок – наличия практически неограниченных объемов воды для очистки дренажа. Для этого в многоводные периоды, когда уровни воды высокие, но в результате подпора устья дренажа со стороны канала перепад между УГВ и УВК невелик, а соответственно минимальны скорости, предлагается осуществлять искусственное снижение напоров в дренаже откачкой из него воды насосом.

Снижение напора в дренаже в точке откачки, в связи с неразрывностью водного потока в нем, рас-

пространяется по его длине с учетом потерь напора. В результате этого возрастают действующие напоры, а соответственно линейно зависящая от них приточность к дренажу, т.е. увеличиваются поперечные скорости втекающей в дренаж воды, что способствует подъему отложившихся наносов. Одновременно с увеличением приточности растет расход в полости дренажа от истока к устью, а соответственно продольная скорость потока воды. В результате этого резко возрастает транспортирующая способность потока, и всплывающий осадок удаляется из дренажа.

В зависимости от конкретных условий откачка может осуществляться:

а) из устья дренажного коллектора, которое должно быть отгорожено от уровня воды в принимающем канале, что может обеспечиваться различными способами (установкой переносной перемычки из изогнутого листа жести или другого материала в откос канала вокруг устья или монтированием в устье гибкого шланга или переносного колодца с высотой, превышающей уровень воды в канале со стороны канала). При этом нет необходимости в тщательной герметизации ограждения устья от канала, так как удаление поступающей из канала воды может быть обеспечено соответствующим увеличением забора воды насосом, осуществляющим откачку;

б) из смотровых колодцев, имеющих на трассе коллектора и дрен на различном удалении от устья (или при их отсутствии из шурфов, отрывааемых над дренажем до уровня его закладки). При этом откачка может осуществляться как при изолированном от канала устье (из колодцев в приустьевой части), так и при устье, сообщающемся с каналом. В последнем случае интенсивность промывки возрастает и за счет дополнительного забора воды из канала в практически неограниченном объеме. Такой вариант откачки предпочтителен при осуществлении промывки в маловодные периоды с предварительным осуществлением подъема уровней в канале над устьем дренажа шлюзованием подпорных сооружений, что одновременно обеспечивает увлажнение почвы.

Всасывающий патрубок насоса может просто опускаться в отгороженную приустьевую часть или колодец. В этом случае увеличением забора воды насосом можно снизить напор в дренаже до уровня его закладки в месте откачки, т.е. обеспечить свобод-

ное истечение воды из него. При необходимости еще большего понижения напора, в дренаже может создаваться вакуумирование. Для этого требуется герметично подсоединить всасывающий патрубок насоса к дренажу в месте откачки посредством специального патрубка либо с помощью хомута, либо уплотняющего пневмо- или гидроманжета. Технологически, из-за необходимости подсоединять гибкий патрубок к устью, откачку проще осуществлять без вакуумирования. При этом в случае обычно имеющих место глубин дренажных коллекторов и каналов понижение напора до уровня закладки дренажа обычно обеспечивает действующий напор до 1,0–1,5 м и более. В зависимости от диаметра дренажа и дренируемой площади, за счет увеличения приточности могут обеспечиваться устьевые скорости при $K_{гр}$ до 10 м/сут – порядка 0,6–1,0 м/с, при $K_{гр}$ до 1 м/сут – 0,2–0,6 м/с, при $K_{гр}$ до 0,1 м/сут – 0,05–0,3 м/с. За счет поступления воды из канала при откачке из истока с сообщаемым с каналом устьем, в зависимости от длины коллектора и его диаметра, может быть обеспечена скорость 0,3–0,8 м/с.

Таким образом, при очистке дренажа в случае, когда отводимый дренажной расход лимитируется не водоприемной, а водопропускной способностью, что характерно для хорошо водопроницаемых грунтов, осуществление откачки из истока с изолированным и неизолированным устьем практически равнозначно. При малой проницаемости грунта более эффективна откачка из истока, обеспечивающая дополнительный забор практически неограниченных объемов воды через устье из канала. При всех вариантах откачек для дополнительного промывающего эффекта забираемая из дренажа вода может подаваться обратно в вышерасположенные его участки.

При наличии смотровых колодцев, установленных по трассе коллектора, осуществление откачки из них наиболее предпочтительно, т.к. не требует дополнительной подготовки. В этом случае очистку целесообразно начинать с откачки из колодца, наиболее близкого к устью. Для обеспечения достаточных скоростей желательно, чтобы наиболее удаленные участки дренажа отстояли от точек откачки не более 100–200 м. Откачку продолжают до тех пор, пока визуально наблюдается замутненность откачиваемой воды. Обычно при наличии колодцев для очистки дренажа достаточно 0,5–1,5 ч. При их отсутствии

откачку следует осуществлять из устья. Продолжительность ее в этом случае составляет 1–3 ч. При отсутствии смотровых колодцев осуществление откачки возможно из открытых над дренажем шурфов.

Использование предлагаемого способа очистки наиболее эффективно при грунтах с водопроницаемостью более 1 м/с, заилении дрен несвязным и слабосвязным грунтом, а также железистыми соединениями при степени заиления менее 50 %. Проще удаляются еще не уплотнившиеся наносы. Поэтому предлагаемый способ, благодаря незначительным затратам на его осуществление, может использоваться в качестве профилактического средства для осуществления промывки дренажа непосредственно после его строительства или реконструкции, в случае возможного его заиления непосредственно при укладке.

Для откачки из дренажной системы целесообразно использовать насосы или мотопомпы, предназначенные для откачки воды со взвешенными частицами и имеющие производительность 10–20 л/с, желательно с возможностью регулирования величины расхода.

Эффективность очистки дренажа от заиления откачкой была установлена в процессе проведения полевого эксперимента на объекте «Гоцца-2» Ивацевичского района по повышению осушительного действия дренажа в многоводное весеннее половодье. Подпор дренажа, имевший место в связи с высокими уровнями воды в принимающем канале, снижался откачкой воды насосом из изолированного от канала устья дренажной системы.

Откачка осуществлялась из дренажной системы 120 из смотрового колодца в ее устье (рис. 1). Дренажный коллектор длиной 300 м устроен из гончарных труб диаметром от 15 см в устье до 7,5 см в истоке с уклоном $i = 0,003$ с двухсторонним впадением дрен длиной 110–115 м с междренним расстоянием 45 м. Средняя глубина коллектора – 1,9 м, дрен – 1 м. Площадь системы – 7,3 га (рис. 2).

Дренаж расположен в мелкозернистом песчаном грунте. Верхний слой представлен хорошо разложившимся мелкозалежным торфяником.

Измерения расхода осуществлялись периодически объемным способом на выходе из коллектора насоса, а также непрерывно с помощью бака с тарированным треугольным водосливом, с записью

уровня воды в нем самописцем. Для измерения степени наполнения и величины напора в полости дренажа по длине трассы коллектора и дрен были установлены вакуумеры специальной конструкции, обеспечивающие установление гидравлического режима работы дренажа, то изменение глубины уровней грунтовых вод измерялось по трем створам колодцев, расположенным на междреньях вдоль коллектора на различном удалении от него (рис. 2).



Рисунок 1 – Очистка дренажной системы от заиления откачкой из смотрового колодца в ее устье на объекте «Гоцца-2»

Откачка осуществлялась последовательным ступенчатым снижением подпора на устье коллектора каждые 15 мин., посредством увеличения производительности насоса.

По показаниям вакуумеров на всем протяжении откачки дренаж работал в напорном режиме с полностью заполненной водой полостью.

На каждом шаге снижения подпора измерялся расход из устья, а также отбирались пробы воды для определения мутности, соответствующей каждой величине расхода (скорости) воды из устья.

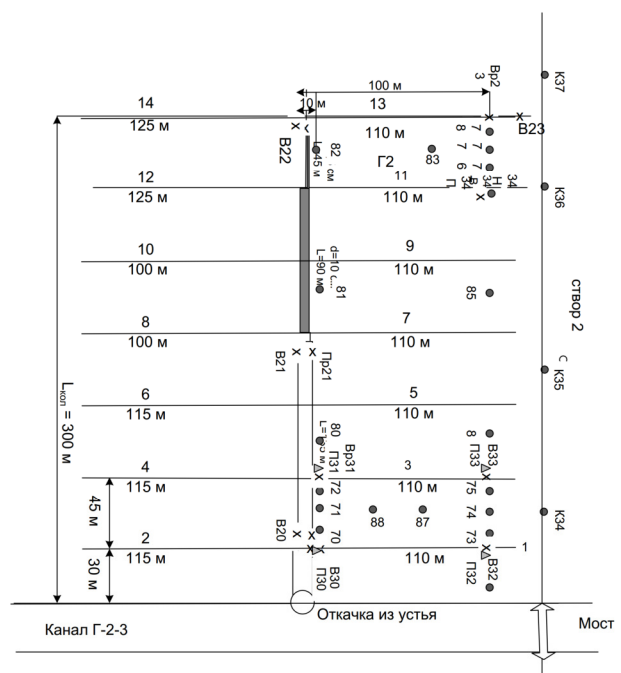


Рисунок 2 – Схема дренажной системы: x – вакуумеры, • – наблюдательные колодцы

Если в естественных условиях подпора дренажа расход воды составлял 0,3 л/с, чему соответствовала скорость 2 см/с, то при максимальном снижении подпора на устье расход составил 6,7 л/с, т.е. 25 м³/час (для сопоставления, дренопромывочная машина УПД-120 имеет производительность 7 м³/час, а объем полости дренажной системы составляет 6 м³, половина из которого коллектор). При этом со ступенчатым повышением расхода нарастала мутность потока. Достигнув максимума 1,33 г/л при скорости 30 см/с (рис. 3), вода приобрела вид ржавоохристой пульпы. После этого, в течение непродолжительного периода откачки, вода, в результате интенсивного выноса основной массы наносов, становилась все более прозрачной.

Вынос наносов нарастающим итогом во времени (рис. 4) указывает на то, что основная их масса была удалена в течение первых 2-х часов откачки. В результате интенсивного выноса наносов мутность воды уменьшилась на два порядка и вода стала прозрачной. При проведенной после окончания откачки раскопке дрен и коллектора в них были отмечены только следы наилка.

Очистка дренажа от заиления откачкой из него воды в многоводный период одновременно обеспечивала ускоренное понижение уровней грунтовых вод. В вышеприведенном эксперименте оно составило 25–30 см/сут, в сравнении с 3–5 см при естественных высоких уровнях воды в канале, создававших подпор на устье дренажа

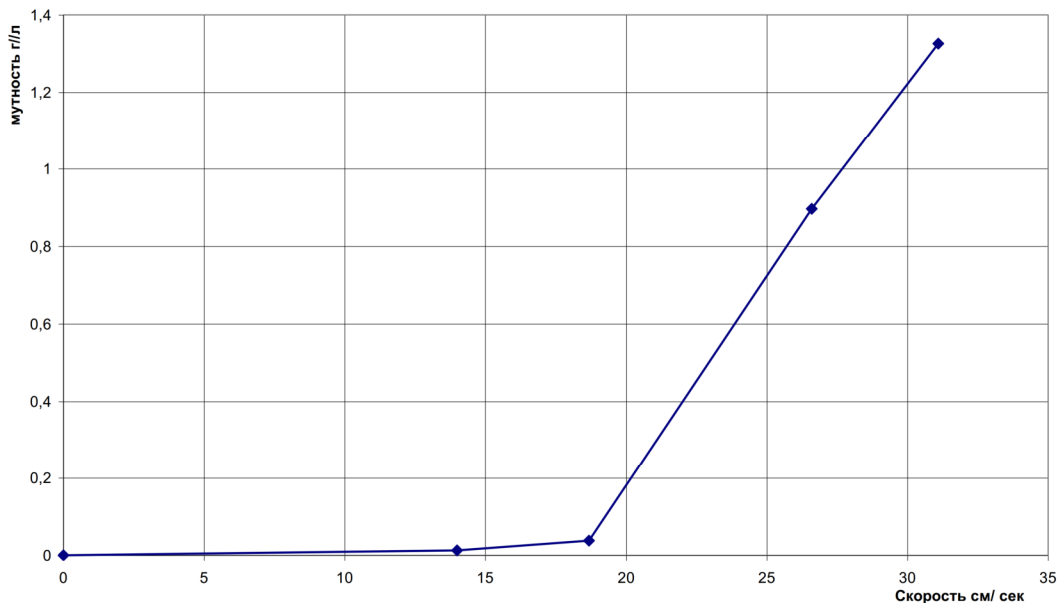


Рисунок 3 – Зависимость мутности откачиваемой воды от скорости

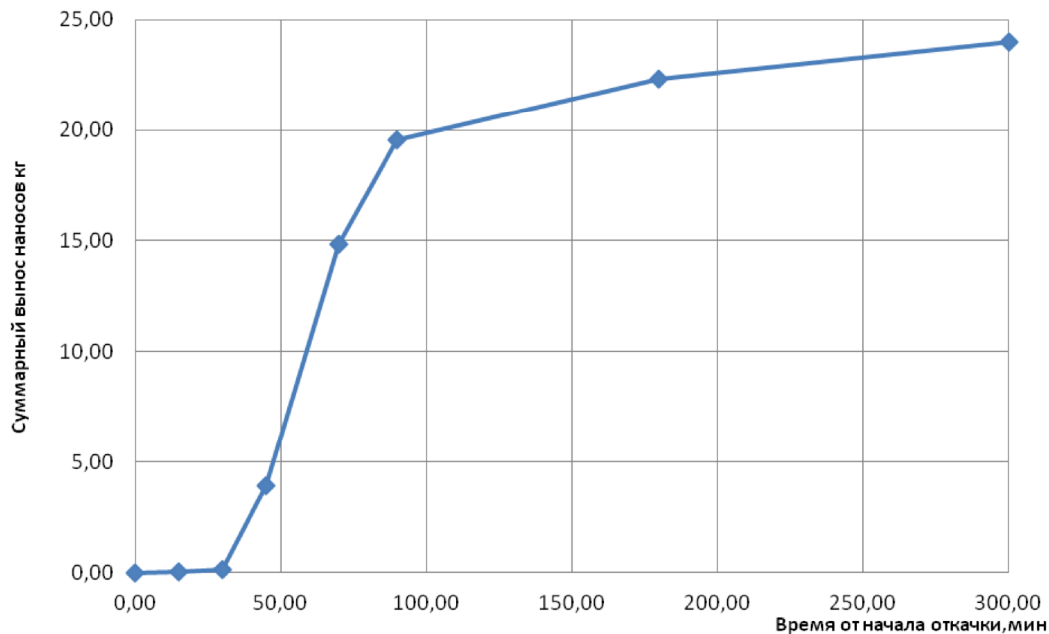


Рисунок 4 – Вынос наносов в процессе откачки нарастающим итогом во времени

Выводы

Преимуществами предлагаемого способа очистки дренажа от заиления откачкой воды из его полости являются:

- создание высокоскоростного напорного потока воды для размыва и транспортировки наносов;
- отсутствие необходимости в доставке воды к месту промывки, так как проведение откачки согласованно с гидрологическими условиями, что обеспе-

чивает возможность забора неограниченных объемов воды дренированной территории;

- возможность осуществления работ в период, когда поля свободны от посевов;
- скорость и технологичность осуществления.

В результате этого экономическая эффективность предлагаемого способа намного выше в сравнении с очисткой дренапромывочной машиной.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Зубец, В. М. Эксплуатация закрытого дренажа / В. М. Зубец. – Минск, 1961. – С.79.
2. Погодин, Н. Н. Методические указания по выполнению уходных и ремонтных работ на мелиоративных системах : в 2 ч. / Н. Н. Погодин, В. А. Болбышко. – Минск : РУП «Институт мелиорации», 2015. – Ч. 2. Выполнение технического ухода за дренажной сетью с использованием малозатратных технологий. – 27 с.
3. Погодин, Н. Н. Новые ресурсосберегающие приемы технического обслуживания закрытой дренажной сети / Н. Н. Погодин, А. С. Анженков, В. А. Болбышко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2017. – №1. – С. 21-24.
4. Способ очистки дренажного трубопровода : а. с. SU 402607 / Х. А. Ярвела. – Опубл. 17.04.1974.
5. Защита дрен от заиления и промывка дренажа / ЛатНИИГиМ. – Елгава, 1972. – С.45-52.
6. Эггельсманн, Р. Руководство по дренажу. – М. : Колос, 1978. – 255 с.
7. Карловский, В. Ф. Оборудование и средства механизации при эксплуатации дренажно-коллекторной сети / В. Ф. Карловский, Н. Н. Погодин // Мелиорация переувлажненных земель. – 2004. – №1 (51). – С. 48-52.
8. Мелиоративные системы и сооружения Нормы проектирования : ТКП 45-3.04-8-2005 (02250). – Минск : Мин-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2006. – С. 76-83.
9. Вахонин, Н. К. Особенности проектирования и согласования расчетов проводящей и регулирующей сети при реконструкции и модернизации мелиоративных систем / Н. К. Вахонин // Эколого-экономические принципы эффективного использования мелиорированных земель. – Минск, 2000. – С. 113-118.
10. Способ определения наполнения дрены : а. с. SU 1055821 / П. И. Закржевский, Н. К. Вахонин. – Опубл. 23.11.1983.
11. Способ очистки дренажа от заиления : а. с. SU 1006594 / П. И. Закржевский, Н. К. Вахонин, В. С. Куль. – Опубл. 30.07.1979.
12. Способ очистки дренажного трубопровода от заиления : пат. ВУ 21961 / Н. К. Вахонин. – Опубл. 30.04.2015.

Поступила 07.12.2018