

наступление, враг был отброшен от Москвы. Провалился победоносный молниеносный план Барбаросса.

Военный комиссариат, руководство страны понимали, что молниеносной победы враг не добьется, началась эвакуация крупных промышленных предприятий на восток страны. С июня по ноябрь было эвакуировано более 1500 крупных предприятий и более 10 млн человек. С началом работы эвакуированных предприятий падение промышленного производства прекратилось, начался его рост.

На оккупированных территориях началось партизанское движение. К концу 1941 г. действовало около 3500 партизанских отрядов. Враг нес потери в тылу и на передовой. Все это подробно пишу, вспоминая семью Космодемьянских, молодежь Краснодона, летчика Маресьева, рядового Матросова, чтобы остудить оголтелость тех, кто, не вдохнув пороха, пытается опровергнуть истину героизма, преданность нашего народа Отчизне. Мы, дети воевавших и павших за родину отцов, никогда не простим оскорбления памяти героев. Мы, воспитанные в трудные послевоенные годы, не можем согласиться с переписыванием истории нашей Родины.

В мае 1942 г. были тяжелые бои в Крыму, он был потерян. Летом 1942 г. пали Ростов, Донбасс. Наступает период безжалостного отношения к дезертирам, предателям, перебежчикам. 28 июля 1942 г. И.В. Сталин издает приказ № 227 «Ни шагу назад». В июле начались бои за Сталинград. Советская Армия измотала крупную группировку врага, и 31 января 1943 г. основные силы немецких войск сдались в плен.

Победа под Сталинградом – начало перелома хода войны. Кто сомневается в героизме нашего народа, не до конца оценивает всю тяжесть боев и героизм советских солдат, съездите в Брестскую крепость, посмотрите на оставшийся Дом Павлова в Волгограде, на его расплавленные кирпичи и все поймете.

В январе 1943 г. произошел прорыв блокады Ленинграда. К счастью, живы некоторые блокадники. Встретитесь с ними, организуйте встречи учащихся с ветеранами Отечественной войны, пусть они расскажут о тех тяжелых героических днях.

УДК 631.674

DOI: 10.32962/0235-2524-2025-2-5-9

## ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ДИФФУЗНОГО СТОКА С МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ

В.К. ГУБИН, Н.Г. КОЛЕСОВА

**Ключевые слова:** диффузный сток, поглощательные колодцы, дренажный сток, пруды-накопители, коллекторы-накопители, точное орошение, очистка дренажного стока, водооборотные системы.

**Keywords:** diffuse runoff, absorption wells, drainage runoff, storage ponds, storage collectors, precision irrigation, drainage runoff treatment, water circulation systems.

**Аннотация.** Статья содержит обзор описаний к патентам на изобретения в области разработки гидротехнических сооружений позволяющих задержать диффузный сток с мелиорированных полей, накопить и использовать его на орошение. Они могут также обеспечить его очистку перед выпуском в водосточники для защиты их от загрязнения. Запатентованные технические решения направлены на создание

Летом 1943 г. состоялись победоносные операция «Цитадель» и сражение на Курской дуге. Наступление немецкой армии провалилось, гитлеровцы перешли к обороне. Сражение на Курской дуге поставило немецкую армию перед катастрофой. Началось мощное наступление Красной Армии. Были освобождены Харьков, Донбасс, Новороссийск, Брянск. Началось освобождение Белоруссии.

В марте-апреле 1944 г. были освобождены Крым, Одесса. Летом 1944 г. в результате операции «Багратион» освобождены Витебск, Минск, Могилев, Белоруссия. Принято решение об открытии долгожданного Второго фронта, завершено изгнание гитлеровцев с советской земли.

С августа по январь 1945 г. началось освобождение стран Европы. 29.01.1945 советские войска вступили на территорию Германии для завершающего удара. Помню, об этих памятных днях вспоминал отец Григорий Павлович Гулюк – командир пулеметного расчета, участник боев на Висле, Эльбе, Одере. Он часто рассказывал об отдельных эпизодах боев, о победах и поражениях. Больше всего любил вспоминать награждение двумя медалями «За отвагу». Не забываемы мне, пацану, его рассказы о наших победах. Лишь об одном он редко делился – о настроениях от взаимоотношений с участниками Второго фронта, о которых говорили наши бойцы: якобы, Георгий Константинович Жуков – любимец солдат и офицеров – запрашивал у Ставки согласие сбросить всю массу этих холуев в Атлантику и завершить победу советского народа.

Не берусь утверждать истинность разговоров об этом, но такие повествования были. После победы отец еще год служил в комендатуре города Франкфурт-на-Майне. В 90-е годы я посещал Франкфурт-на-Майне, с гордостью восторгался подвигом наших солдат по сохранности памятников города.

В этом очень сжато повествовании я преследовал цель еще раз вспомнить героическую победу советского народа, вспомнить ветеранов войны и погибших, тружеников тыла, выразить неиссякаемое уважение к участникам «Бессмертного полка».

Главный редактор журнала «Мелиорация и водное хозяйство»  
Г.Г. Гулюк

мелиоративных систем учитывающих особенности ландшафта, климатических зон и требования сельскохозяйственных культур к водно-воздушному режиму корнеобитаемого слоя почвы. В статье представлены концепт-объекты, отражающие основные направления в области задержания диффузного стока с мелиорированных полей. В том числе рассмотрены устройства для сбора и отведения паводкового стока, сооружения для накопления и сохранения дренажного стока, водооборотные системы, сооружения для очистки дренажного стока.

**Abstract.** The article contains an overview of patent descriptions for inventions in the field of development of hydraulic structures that allow to detain diffuse runoff from reclaimed fields, accumulate and use it for irrigation or ensure its purification before releasing it into water sources to protect them from pollution.

*Patented technical solutions are aimed at creating melioration systems that take into account the features of the landscape, climatic zones and the requirements of agricultural crops for the water-air regime of the root-inhabited soil layer. The article presents concept objects reflecting the main directions in the field of detention of diffuse runoff from reclaimed fields, including: devices for collecting and diverting flood runoff, structures for accumulation and storage of drainage runoff, water circulation systems, structures for cleaning drainage runoff.*

**В**ведение. 1 сентября 2024 г. вступил в действие Водный кодекс РФ в редакции от 08.08.2024. В п. 19 ст. 1 приведен перечень вод, относящихся к сточным, включающий: дождевые, полые, инфильтрационные, поливомоечные, дренажные, отведение которых в водные объекты допускается после их очистки до нормативного уровня [1]. В этот перечень не включен диффузный сток с поверхности сельскохозяйственных полей. Между тем, установлено, что до 70 % химических веществ, загрязняющих воду рек, озер и прудов, приходится на удобрения и химикаты, выносимые с поверхностным стоком с полей [2].

Процесс образования диффузного стока можно разделить на несколько этапов. При выпадении ливневых осадков вода впитывается почвой и происходит быстрое насыщение влагой ее верхнего слоя. Крупные капли дождя, падая на поверхность почвы, разрушают комочки, образующие ее водопрочную структуру. После насыщения верхнего слоя почвы влагой начинается формирование поверхностного стока, который растворяет подвижные соли, содержащиеся в почве, и увлекает мелкие илестые частицы почвы. В составе воды диффузного стока преобладают соединения азота. Соли фосфора, калия, кальция, магния и тяжелых металлов фиксируются на поверхности илестой фракции стока. Интенсивность смыва мелкозема с поверхности земли зависит от крутизны поверхности участка. При склонах 1...3° ежегодно смывается порядка 3 т/га, а при увеличении крутизны до 8...16° выносятся до 15 т/га наиболее плодородной части почвы [3]. Наблюдения показали, что за вегетационный период с дренажным стоком в объеме 1800 м<sup>3</sup>/га, выносятся 320 кг/га элементов минерального питания растений: 220 кг кальция, 41 кг азота, 30 кг магния, 22 кг натрия и 7 кг калия [4].

**Основная часть.** Согласно ст. 61 Водного кодекса РФ мелиоративные мероприятия должны проводиться одновременно с осуществлением мероприятий по охране окружающей среды, водных объектов и их водосборной площади. В том числе решать задачи предотвращения и диффузного стока, а в случае невозможности предотвращения, осуществления очистки его, до нормативного уровня от взвешенных в воде илестых частиц и водорастворимых солей. Данная статья посвящена изучению новых технических решений, запатентованных в Российской Федерации. Эти изобретения позволяют задержать диффузный сток с мелиорированных полей, накопить и использовать его на орошение. Они могут обеспечить очистку стока перед выпуском в водоисточники.

**Методология исследований** включала изучение описаний к патентам в области разработки гидротехнических устройств для предотвращения диффузного стока с мелиорированных земель, его накопления и последующего использования на орошение. Рассматри-

ваются так же сооружения для очистки стока в случае выпуска в водоисточники.

**Результаты исследований.** Мелиоративные сооружения, обеспечивающие возможность предотвращения поступления неочищенного диффузного стока в водоисточники, различаются по назначению и способу реализации. Выбор конструкции сооружения определяется климатическими условиями мелиорируемой территории. В зоне избыточного увлажнения, где количество осадков превышает испаряемость, строят дренажные системы для сбора и отведения стока. Большая часть изобретений в этой области связана с очисткой собираемого стока перед выпуском его в водоисточники. Так, для отведения поверхностных вод из блюдцеобразных понижений разработаны водопоглощающие колодцы из сборного или монолитного железобетона. Конструкции таких колодцев описаны в патентах № 2579259, № 2714837.

В патенте № 2579259 представлена наиболее простая конструкция колодца-поглотителя. Эта конструкция включает корпус с крышкой и водоприемными отверстиями защищенный от плавающего мусора. В нижней части корпуса сделан отстойник для задержания песка, снабженный промывным патрубком с краном [5]. Патент № 2714837 содержит описание колодца-поглотителя, для очистки стока от более мелкой илестой фракции. Эта очистка происходит в камере — отстойнике с отведением осветленной воды из ее верхней части [6].

В патенте № 2816530 описан способ очистки стока фильтрацией через гравийно-песчаную засыпку. От пониженного бессточного участка прокладывают траншею, в которую укладывают перфорированную дренажную трубу с тонкостенным фильтром. Часть траншеи в понижении засыпают фильтрующим материалом в два слоя. Остальную часть траншеи до высоты 0,5 м от поверхности почвы засыпают гравием или крупным песком по всей длине траншеи. Верхняя часть траншеи от глубины 0,5 м до поверхности земли засыпается прерывисто песком и открытой почвой [7].

Патент № 2812424 выдан на способ, позволяющий удалить из дренажного стока химические элементы, растворенные в воде. Дренажная сеть имеет дренажные колодцы, расположенные на трассе закрытых коллекторов. В колодцах производится периодический отбор проб дренажного стока для определения содержания химических загрязнителей. По результатам анализа и учета составляют наборы съемных картриджей с сорбентом из ионитовых смол и противифильтрационным материалом. На выходящих сопрягающих трубах дренажных колодцев монтируют устройства для установки этих картриджей. На устьях закрытых коллекторов монтируют узлы учета расхода дренажного стока [8].

Отведение стока с поверхности мелиорируемых участков обеспечивает мелиоративная система, защищенная, патентом № 2725486. Этот патент выдан на «Способ строительства осушительной системы» [9]. Согласно этому способу на участке, где проектируется строительство закрытой дренажной осушительной сети, предварительно нарезают временную осушительную сеть в виде борозд. Эти борозды выведены в канал-собирающий, подключенный к закрытому коллектору через

камеру очистки. При использовании борозд для строительства временной осушительной сети предотвращение заиливания камеры очистки обеспечивает способ экранирования борозд перфорированной пленкой [10].

Дифференцированное предотвращение стока вод с поверхности полей обеспечивает «Способ осушения минеральных почв для реализации точного земледелия» (патент РФ № 255673) [11]. Для применения этого технического решения поля делят на участки, отличающиеся по экспозиции, плодородию, водному и тепловому режимам. По границам выделенных участков прокладывают сеть для перехвата поверхностного стока. Глубину закладки закрытого дренажа дифференцируют с учетом особенностей каждого участка. При наличии подстилающего водоупорного слоя, избыток воды предлагают отводить для пополнения запаса грунтовых вод.

Для этой цели служит изобретение, защищенное патентом РФ № 2655959 выданным на «Устройство для отведения поверхностных вод» [12]. Согласно этому изобретению для отведения поверхностных вод через слой водонепроницаемого грунта бурят вертикальные скважины до водоносного слоя. Особенностью конструкции скважин является выполнение их в виде блока из четырех скважин соединенных с соседними скважинами горизонтальными дренами. Каждая скважина снабжена оголовком из фильтрующего материала, что предотвращает опасность загрязнения грунтовых вод.

Для очистки дренажного стока на каналах-коллекторах найден применение изобретение «Система сооружений для очистки дренажного стока». Эта система включает сороудерживающую сетку, касетоудерживающее сооружение, заполненное касетами с сорбентом и подпорную стенку, для равномерного использования сорбирующего материала, патент № 2728365 [13].

Наиболее полно требованиям защиты от загрязнения водоисточников и окружающей среды стоком с сельскохозяйственных земель отвечают водооборотные мелиоративные системы. Эти системы обеспечивают сбор и накопление дренажного стока для использованием накопленной воды на орошение. В первой половине прошлого века получили распространение осушительно-оросительные системы. В этих системах поверхностный дренажный сток собирается сетью дренажных каналов или сетью подземных дрен, выведенных в каналы коллекторы. Для повышения их эффективности предложено использовать усовершенствованные перегородывающие сооружения.

В патенте № 2233075 описана осушительно-увлажнительная система, включающая магистральный канал-накопитель дренажных вод с автоматизированными регуляторами уровня воды и отводные каналы с закрытыми дренами-собирающими дренажных вод для орошения участков, расположенных ниже по склону [14]. В аналогичной мелиоративной системе защищенной патентом № 2076918, дренажную воду накапливают в открытом канале-коллекторе. В устье такого канала размещают дренажный колодец с сифонным водоотпуском для автоматического регулирования уровня воды в канале коллекторе [15]. Использование каналов-коллекторов для накопления дренажного стока

возможно только в межливневый период. В половодье эта сеть служит для отведения избытка воды.

Для климатических зон с неустойчивым и недостаточным увлажнением интерес представляют мелиоративные системы включающие размещение в наиболее низких точках мелиорируемого участка прудов-накопителей дренажного стока. В эти пруды весной отводят поверхностный и дренажный сток. Летом накопленную воду забирают насосами и подают в поливные борозды или к дождевальным установкам (А.с. СССР № 1631121) [16]. Недостатком таких прудов-накопителей дренажного стока является их большой объем. Это связано с необходимостью поддержания двухметрового мертвого уровня заполнения препятствующего зарастанию пруда, а также учета фильтрационных потерь воды и испарения с поверхности пруда.

Эти потери снижаются при использовании осушительно-увлажнительной системы, защищенной патентом на изобретение № 2663596 [17]. Согласно этому изобретению, пруд-накопитель дренажного стока снабжен защитным экраном из светонепроницаемого материала, закрепленным на тросах с поплавками и поддерживаемым с помощью лебедок. Экран предотвращает испарение с поверхности пруда и ухудшает условия роста водных растений.

Патент № 2758268 выдан на пруд-накопитель дренажного стока, в котором защитный экран выполнен из двух частей соединенных контейнером, состоящим из жесткой рамы с емкостью из сетки с ячейками 1...1,5 мм. На раме контейнера размещена щетка с тросиками, концы которых выведены на берега пруда, где установлены наклонные желоба. С помощью тросиков щетку перемещают по дну контейнера к наклонным желобам, извлекая по ним мусор, смытый с поверхности экрана [18]. В связи со строительством мелиоративных систем с закрытыми пластмассовыми дренами началась активная разработка труб коллекторов-накопителей дренажного стока. Наиболее интересным техническим решением представляется закрытая осушительно-увлажнительная система с подземным коллектором-собираателем. Эта система оборудована дренажными колодцами, к которым подключены горизонтальные трубы-накопители, выполненные из труб большого диаметра. Такая конструкция сети позволяет увеличить объем накапливаемого дренажного стока [19].

Производственные испытания показали, что дренажные колодцы с радиальными трубчатыми накопителями, выполненными из труб большого диаметра, позволили сохранить для орошения порядка 300 м<sup>3</sup>/га воды [20]. Такие запасы позволяют провести 2...3 полива с забором воды из колодцев-накопителей машинами типа ДДН-70. Как показали исследования, при орошении с использованием способа мелкодисперсного дождевания этого количества воды достаточно для защиты посевов в период засухи продолжительностью более месяца [21]. Для проведения мелкодисперсного дождевания с забором воды из колодцев-накопителей дренажного стока предложена осушительно-увлажнительная система аэрозольного дождевания [22]. На трубе-коллекторе системы смонтированы колодцы

накопители, из которых воду на орошение забирают мобильными установками мелкодисперсного дождевания. Эти установки выполнены на базе передвижных платформ, на которых установлено насосно-силовое оборудование, компрессор и аэрозольный генератор с распылителями воды. При проведении полива платформу устанавливают у дренажного колодца. Воду забирают насосом и подают в генератор аэрозоля, куда нагнетают компрессором воздух, образуя аэрозоль. Распределение аэрозоля над поверхностью поля позволяет обеспечить ее увлажнение с интенсивностью дождя не разрушающей структуру почвы.

При строительстве мелиоративных систем с радиальными трубочными накопителями необходимо дополнительно отрывать на полях значительное количество траншей с извлечением на поверхность поля малоплодородного грунта. После засыпки им траншей для восстановления плодородия требуется внесение повышенных норм удобрений. В водооборотной осушительно-увлажнительной системе (патент РФ № 2655799) накопители выполняют в виде нескольких рядов вертикальных колодцев, расположенных на склоне выше мелиорируемого участка. Это позволяет располагать их за пределами мелиорируемой площади, а также перехватывать дренажный сток с верхней части площади водосбора. [23].

Новый подход к устройству гидромелиоративной системы в агроландшафте представлен в патенте РФ № 2761875, выданном на «Способ осуществления мелиоративных мероприятий в зоне достаточного увлажнения». При реализации этого способа мелиоративную систему формируют с учетом особенности ландшафта, экспозиции полей. Регулирование паводкового стока начинают уже при формировании снежного покрова с последующим управлением процессом таяния снега и отведения талой воды в каналы-накопители для орошения в летний период. То есть мелиоративную систему встраивают в агроландшафт, регулируя сток и создавая запас воды для орошения. [24].

**Обсуждение.** Рассмотренные описания к патентам на изобретения, выданным в Российской Федерации, являются, концепт-объектами отражающими основные направления в разработке технических решений в области мелиорации. Их применение позволит обеспечить при строительстве и реконструкции мелиоративных систем и сооружений соблюдение требований Водного Кодекса РФ по защите водоемных объектов от загрязнения. Наиболее перспективными являются мелиоративные системы и сооружения, обеспечивающие накопление и использование диффузного стока в пределах полей. Для очистки воды перед выпуском в водоемы предложено использовать фильтры с композицией различных ионообменных смол, позволяющие выборочно удалять наиболее опасные загрязнители. В долгосрочной перспективе представляют интерес изобретения связанные с решением задачи разработки мелиоративных систем, встраиваемых в агроландшафт и обеспечивающих использование диффузного и дренажного стока в сочетании с точной подачей накопленной воды к корням растений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 08.08.2024, с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2024) [Электронный ресурс] URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=477133&ysclid=m133wci0qq550605965>.
2. Слабункова А.В., Суровкина А.П. О проблеме диффузного загрязнения водных объектов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2020. № 2(38). С. 2.
3. Летуций А.В. Ландшафтное земледелие. Саратов: ФГБНУ ВО Саратовский ГАУ. 2016. С. 3, 14.
4. Рабочев И.С., Муромцев Н.С. Вынос питательных веществ дренажными водами // Гидротехника и мелиорация. 1980. № 9. С. 78–80.
5. Патент РФ № 2579259 С1, МПК E02B 11/00. Дренажный колодец-поглотитель для приема и отвода поверхностных вод / А.А. Ксензов. Заявл. 02.02.2015; опубл. 04.10.2016. Бюл. № 10
6. Патент РФ № 2714837 С1, МПК E02B 11/00. Дренажный колодец-поглотитель для приема и отвода поверхностных дренажных вод. / М.И. Голубенко. Заявл., опубл. 19.02.2020. Бюл. № 5.
7. Патент РФ № 2 816 530 С1, МПК E02B 11/00. Способ осушения затопленных замкнутых понижений / Р.С. Масный, Г.Т. Балакай, А.Н. Бабичев, В.А. Монастырский, В.И. Ольгаренко. Заявл. 03.04.2023; опубл. 01.04.2024.
8. Патент РФ № 2812424 С1, МПК E02B 11/00. Способ контроля и устройство для локальной очистки дренажного стока / Т.И. Дровозова, А.А. Кириленко. Заявл. 10.02.2023, опубл. 30.01.2024. Бюл. № 4.
9. Патент РФ № 2725486 С1, МПК E02B 11/00. Способ строительства осушительной системы / В.В. Пчелкин, Ю.Н. Никольский, И.В. Корнеев. Заявл. 20.06.2019; опубл. 02.07.2020. Бюл. № 19.
10. Безбородов Ю.Г., Безбородов А.Г. Орошение сельскохозяйственных культур в аридной зоне. М.: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2013. – 545 с.
11. Патент РФ № 2556732, МПК E02B 11/00. Способ осушения минеральных почв для реализации точного земледелия / А.А. Ксензов. Заявл. 06.06.2014; опубл. 20.10.2015. Бюл. № 29.
12. Патент РФ № 2655959 С1, МПК E02B 11/00. Способ нагнетания поверхностной воды в землю / Э. Немчик. Заявл. 27.06.2014; опубл. 30.05.2018. Бюл. № 16.
13. Патент РФ № 2728365, МПК. Система сооружений для очистки дренажного стока / В.К. Губин, Е.Э. Головинов, А.П. Соломина, Е.Б. Стрельбицкая, Л.В. Кудрявцева. Заявл. 26.12.2019; опубл. 29.07.2020. Бюл. № 22.
14. Патент РФ № 2233075, МПК A01 G 25/00. Осушительно-увлажнительная мелиоративная система / П.И. Пыленок, В.В. Бородычев, А.М. Садаев. Заявл. 12.02.2003, опубл. 27.07.2004. Бюл. № 21.
15. Патент РФ № 2076918, МПК E02B 11/00. Осушительная система / В.И. Ольгаренко, Г.В. Ольгаренко. Заявл. 17.06.1994, опубл. 20.04.2002.
16. Ав. Св. СССР № 1631121 А1, МПК E02B 11/00. Осушительно-увлажнительная система / Б.С. Маслов, Е.И. Опарин. Заявл. 12.09.1988; опубл. 28.02.1991. Бюл. № 8.
17. Патент РФ № 2663596 С2, МПК E02B 11/00. Осушительно-увлажнительная система / А.А. Подлубский, А.В. Шуравлин, П.А. Докучкин, Р.Р. Гурина, К.Е. Калайджян. Заявл. 20.12.2016; опубл. 07.08.2018. Бюл. № 22.
18. Патент РФ № 2758268 С1. МПК E02B 11/00. Пруд-накопитель дренажного стока / В.К. Губин, Л.В. Кудрявцева. Заявл. 25.02.2021; опубл. 27.10.2021. Бюл. № 30.
19. А.С. СССР № 896171, МПК E02B 11/00. Осушительно-увлажнительная система / И.В. Минаев. Заявл. 10.04.1979; опубл. 07.01.1982. Бюл. № 1.
20. Минаев И.В., Войтович А.М. Водооборотные системы в мелиорации // Гидротехника и мелиорация. 1986. № 6. С. 36–42.
21. Бородычев В.В., Храбров М.Ю. Мелкодисперсное дождевание картофеля // Гидротехника и мелиорация. 1976. № 6. С. 75–77.
22. Патент РФ № 2628341, МПК E02B 11/00. Осушительно-увлажнительная система / В.К. Губин, М.Ю. Храбров, В.П. Максименко, Л.В. Кудрявцева, А.П. Соломина, Е.Б. Стрельбицкая, И.Н. Дорофеева. Заявл. 21.04.2016; опубл. 16.08.2017. Бюл. № 23.
23. Патент РФ № 2655799 С1, МПК E02B 11/00. Водооборотная осушительно-увлажнительная система / В.К. Губин. Заявл. 31.08.2017; опубл. 29.05.2018. Бюл. № 16
24. Патент РФ № 2761875 С1, МПК E02B 11/00. Способ регулируемой гидромелиорации почвы в агроландшафте в условиях гумидного климата при интенсивном земледелии / Л.П. Воронина, А.А. Ермаков, Е.В. Морачевская, К.В. Павлов. Заявл. 06.12.2020; опубл. 13.12.2021. Бюл. № 35.

## REFERENCES

1. Water Code of the Russian Federation dated June 3, 2006 № 74-FZ (edited on 08.08.2024, as amended and added, effective from 01.09.2024). Retrieved from <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=477133&ysclid=m133wci0qq550605965>.
2. Slabunkova A.V., Surovkina A.P. On the problem of diffuse pollution of water bodies // Scientific Journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. 2020. № 2(38). P. 2.
3. Letuchy A.V. Landscape farming. Saratov: FGBNU HE Saratov GAU, 2016. P. 3, 14.
4. Rabochev I.S., Muromtsev N.S. Removal of nutrients by drainage waters // Hydraulic engineering and land reclamation. 1980. № 9. P. 78–80.
5. Patent of the Russian Federation № 2579259 C1, MPK E028 11/00. Drainage well-absorber for receiving and draining surface water / A.A. Ksenzov. Priority on 02.02.2015; published on 04.10.2016. Bul. № 10.
6. Patent of the Russian Federation № 2714837 S1, MPK E02V 11/00. The drainage well is an absorber for receiving and diverting surface drainage water / M.I. Golubenko. Priority published on 19.02.2020. Bul. № 5.
7. Patent of the Russian Federation № 2 816 530 S1, MPK E02V 11/00. Method of draining flooded closed depressions / R.S. Masny, G.T. Balakai, A.N. Babichev, V.A. Monastyrsky, V.I. Olgarenko. Priority on 03.04.2023; published on 01.04.2024.
8. Patent of the Russian Federation № 2812424 C1, MPK E02V 11/00. Control method and device for local treatment of drainage drain / T.I. Drovovozova, A.A. Kirilenko. Priority on 10.02.2023, published on 30.01.2024. Bul. № 4.
9. Patent of the Russian Federation № 2725486 C1, MPK E02V 11/00. Method of construction of the drainage system / V.V. Pchelkin, Yu.N. Nikolsky, I.V. Korneev. Priority on 20.06.2019; published on 02.07.2020. Bul. № 19.
10. Bezborodov Yu.G., Bezborodov A.G. Irrigation of agricultural crops in the arid zone. M.: Russian State Agrarian University – Moscow State Agricultural University named after K.A. Timiryazeva, 2013, 545 p.
11. Patent of the Russian Federation № 2556732, MPK E02V 11/00. A method of draining mineral soils for the implementation of precision agriculture / A.A. Ksenzov. Priority on 06.06.2014; published on 20.10.2015. Bul. № 29.
12. Patent of the Russian Federation № 2655959 C1, MPK E02V 11/00. A method of pumping surface water into the ground / A. Nemchik. Priority on 06.27.2014; published on 05.30.2018. Bul. № 16.
13. Patent of the Russian Federation № 2728365, IPC. System of facilities for drainage drain treatment / V.K. Gubin, E.E. Golovinov, A.P. Solomina, E.B. Strelbitskaya, L.V. Kudryavtseva. Priority on 12.26.2019; published on 07.29.2020. Bul. № 22.
14. Patent of the Russian Federation № 2233075, IPC A01 G 25/00. Drainage and irrigation reclamation system / P.I. Pylenok, V.V. Borodychev, A.M. Saldaev. Priority on 12.02.2003, published on 27.07.2004. Bul. № 21.
15. Patent of the Russian Federation № 2076918, MPK E02V 11/00. Drainage system / V.I. Olgarenko, G.V. Olgarenko. Priority on June 17, 1994, published on April 20, 2002.
16. Av. St USSR № 1631121 A1, MPK E02V 11/00. Drainage and irrigation system / B.S. Maslov, E.I. Oparin. Priority on 12.09.1988; published on 28.02.1991. Bul. № 8.
17. Patent of the Russian Federation № 2663596. S2, MPK E02V 11/00. Drainage and irrigation system / Poddubsky A.A., Shuravilin A.V., Dokukin P.A., Gurina R.R., K.E. Kalajyan. Priority on 20.12.2016; published on 07.08.2018. Bul. № 22.
18. Patent of the Russian Federation № 2758268 C1. MPK E02V 11/00. Drainage drain storage pond / V.K. Gubin, L.V. Kudryavtseva. Priority on 25.02.2021; published on 27.10.2021. Bul. № 30.
19. A.S. USSR № 896171, MPK E02V 11/00. Drainage and irrigation system / I.V. Minaev. Priority on 10.04.1979; published on 07.01.1982. Bul. № 1.
20. Minaev I.V., Voitovich A.M., Water circulation systems in land reclamation // Hydrotechnics and land reclamation. 1986. № 6. P. 36–42.
21. Borodychev V.V., Chrabrov M.Yu. Finely dispersed sprinkling irrigation of potatoes // Hydrotechnics and land reclamation. 1976. № 6. P. 75–77.
22. Patent of the Russian Federation № 2628341, MPK E02V 11/00. Drainage and irrigation system / V.K. Gubin, M.Yu. Khrabrov, V.P. Maksimenko, L.V. Kudryavtseva, A.P. Solomina, E.B. Strelbitskaya, I.N. Dorofeeva. Priority on 21.04.2016; published on 16.08.2017. Bul. № 23.
23. Patent of the Russian Federation № 2655799 S1, MPK E02V 11/00. Water circulation drainage and irrigation system / V.K. Gubin. Priority on 31.08.2017; published on 29.05.2018. Bul. № 16.
24. Patent of the Russian Federation № 2761875 S1, MPK E02V 11/00. A method of regulated soil hydromelioration in an agricultural landscape in a humid climate with intensive agriculture / L.P. Voronina, A.A. Ermakov, E.V. Morachevskaya, K.V. Pavlov. Priority on 06.12.2020; published on 13.12.2021.

Губин Владимир Константинович, канд. с.-х. наук, вед. науч. сотрудник, [gubin.vladimir2011@yandex.ru](mailto:gubin.vladimir2011@yandex.ru); Колесова Наталья Георгиевна, ст. науч. сотрудник, [natalia.kolesova.g@gmail.com](mailto:natalia.kolesova.g@gmail.com) (ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»).

УДК 626-315.3

DOI: 10.32962/0235-2524-2025-2-9-14

## ФИЛЬТРАЦИЯ В НЕОДНОРОДНОМ ОСНОВАНИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ СО СЛОЖНЫМ ПОДЗЕМНЫМ КОНТУРОМ

А.Е. КАЧАЕВ, С.С. ТУРАПИН

**Ключевые слова:** фильтрация, потери напора, неоднородный грунт, флютбет, элемент, гидротехническое сооружение, плотина.

**Keywords:** filtration, pressure loss, heterogeneous soil, flutebet, element, hydraulic structure, dam.

**Аннотация.** При анализе процесса фильтрации в неоднородном основании гидротехнических сооружений со сложным подземным контуром определено, что во входном элементе изначально фильтрационный поток направлен перпендикулярно нижним слоям основания сооружения, затем постепенно отклоняется в сторону нижнего бьефа, при этом коэффициент фильтрации изменяется от  $k'_B$  до  $k'_I$ ; в выходном элементе фильтрационный поток в начале имеет горизонтальное направление, затем постепенно приближается к вертикальному, то есть — от  $k'_I$  до  $k'_B$ . Предложена схема на определение закономерности изменения коэффициента фильтрации, который во входном элементе зависит от направления потока относительно слоев подземного основания сооружения. Установлено, что при различных значениях  $k_{cp}$  во входном и выходном элементах и  $k_{ex}$  разницей между ними можно пренебречь. Получены выражения коэффициентов фильтрации в шпунтовом эле-

менте по горизонтальному и вертикальному направлению слоев основания. Установлены зависимости для расчета длин горизонтальных элементов, соответственно, для плоских оснований и оснований со шпунтовыми элементами. Получены выражения для определения предельных расчетных глубин неоднородного основания со сложным подземным контуром, соответственно для горизонтального и шпунтового элементов.

**Abstract.** When analyzing the filtration process in a heterogeneous foundation of hydraulic structures with a complex underground contour, it was determined that in the inlet element the filtration flow is initially directed perpendicular to the lower layers of the structure foundation, then gradually deviates towards the tailwater, while the filtration coefficient changes from  $k'_B$  to  $k'_I$ ; in the outlet element the filtration flow initially has a horizontal direction, then gradually approaches the vertical, that is, from  $k'_I$  to  $k'_B$ . A scheme is proposed for determining the pattern of change in the filtration coefficient, which in the inlet element depends on the direction of the flow relative to the layers of the underground foundation of the structure. It is found that for different values of  $k_{cp}$  in the inlet and outlet elements and  $k_{ex}$ , the difference between them can be neglected. Expressions are obtained for the filtration coefficients in the