А. Л. Кожанов

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

ОБЗОР ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С МАКСИМАЛЬНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Цель: обзор осушительно-увлажнительных систем с максимальным использованием возобновляемых природных ресурсов. **Материалы и методы.** В процессе проведения научного обзора осушительно-увлажнительных систем с максимальным использованием возобновляемых природных ресурсов применялись аналитический, логический, системный и сравнительный методы научного исследования. Базу научного исследования представляли направленные на максимальное использование возобновляемых природных ресурсов существующие конструктивные решения осушительно-увлажнительных систем на уровне патентов, а также научной литературы. **Результаты.** В результате проведенного обзора выявлено, что осушительно-увлажнительные системы состоят из осушительной и увлажнительной частей. В данных системах выделяют следующие методы увлажнения: поверхностное увлажнение (увлажнение по поверхности), подпочвенное, внутрипочвенное (к которому можно отнести и капельное орошение) и дождевание. К осушительно-увлажнительным системам, использующим возобновляемые природные ресурсы, можно отнести системы с аккумулярованием дренажного стока с замкнутым водооборотом полно- или полуводооборотные. По способу аккумулярования дренажного стока подразделяются на системы: с вертикальным дренажем, с грунтовым водохранилищем, с коллекторами и дренами-накопителями, с колодцами-накопителями, участками временного аккумулярования с различным их сочетанием. **Выводы.** В состав приведенных систем необходимо обязательно включать различные накопители дренажного стока. При разработке новых конструкций необходимо учесть все недостатки существующих конструктивных решений (предусмотреть достаточный объем прудов-накопителей, мероприятия по очистке от вредных примесей, меры по снижению испарения и фильтрации для уменьшения размеров накопительных емкостей), что позволит комплексно использовать природные ресурсы за счет аккумуляции и перераспределения дренажного стока внутри осушительно-увлажнительной системы.

Ключевые слова: осушение; увлажнение; осушительно-увлажнительная система; природные ресурсы; аккумуляция; дренажный сток.

A. L. Kozhanov

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

REVIEW OF DRAINAGE-IRRIGATION SYSTEMS WITH MAXIMUM RENEWABLE NATURAL RESOURCES USE

Purpose: review of drainage-irrigation systems with the maximum renewable natural resources use. **Materials and methods.** In the process of conducting a scientific review of double-acting irrigation systems with the maximum use of renewable natural resources, the

analytical, logical, systemic and comparative methods of scientific research were used. The scientific research base was presented by the existing design solutions of complex irrigation systems aimed at the maximum use of renewable natural resources at the level of patents, as well as scientific literature. **Results.** As a result of the review, it was revealed that drainage irrigation systems consist of drainage and moisturizing parts. The following humidification methods are distinguished in these systems: surface moistening, subsoil, intrasoil (which can also include drip irrigation) and sprinkling. The drainage-irrigation systems using renewable natural resources include systems with accumulating drainage runoff with a closed water rotation, full or semi-water rotation. By the method of accumulating drainage runoff, they are divided into systems: with vertical drainage, with an underground reservoir, with collectors and storage drains, with storage wells, temporary accumulation sections with their various combinations. **Conclusions.** Various storage drains are included in the structure of the above systems. When developing new structures, it is necessary to take into account all the shortcomings of existing structural solutions (provide for a sufficient volume of storage ponds, measures for cleaning from harmful impurities, measures to reduce evaporation and filtration for reducing the size of storage tanks), which will allow the comprehensive use of natural resources due to accumulation and redistribution drainage runoff inside the double-acting system.

Key words: drainage; hydration; drainage-irrigation system; natural resources; accumulation; drainage runoff.

Введение. Большое количество ученых ставят одной из важных проблем мелиорации осушение переувлажненных земель, но в большинстве случаев осушения недостаточно. В гумидной зоне в наше время случаются засушливые периоды от 10 дней до месяца, а иногда и более, когда необходимо проводить увлажнение, для этого вместо осушительных систем строят осушительно-увлажнительные системы [1–6].

Известно, что к природным ресурсам можно отнести лесные, минеральные, водные, земельные, а также ресурсы энергии Солнца и ветра. К возобновляемым природным ресурсам относятся те природные ресурсы, которые либо возобновляются интенсивнее, чем используются, либо вообще не зависят от того, используются они или нет. В связи с этим в разрезе осушительно-увлажнительных систем дренажный сток как водные ресурсы можно отнести к возобновляемым природным ресурсам.

При осушении земель зачастую весь дренажный сток бессмысленно сбрасывается в водоприемники, такие как реки, озера, балки и др. [7].

Осушительные мелиорации как в России, так и в бывших советских республиках существуют уже более 100 лет, еще с осушения Полесья, Мещерской низменности, Барабинской низменности Западной Сибири ге-

нералом И. И. Жилинским. За столь большой промежуток времени было достигнуто понижение уровня грунтовых вод (УГВ), что в свою очередь привело к негативным последствиям.

В последнее время на большинстве осушительно-увлажнительных систем в засушливые периоды при регулировании увлажнения за счет шлюзования и поднятия УГВ не достигается нужных уровней из-за недостатка грунтовой воды, при этом весь весенний сток сбрасывается в водоприемники. В связи с этим возникает необходимость в применении и разработке новых конструктивных решений осушительно-увлажнительных систем, повторно использующих накапливаемый дренажный сток в засушливые летние периоды для орошения осушенного участка в соответствии с планом водопользования, направленного на рациональное использование всех водных ресурсов [8]. В различных странах для экономии оросительной воды занимаются вопросами использования дренажного стока путем откачки дренажной воды и ее повторного распределения на сельскохозяйственные угодья [9, 10].

В связи с этим целью настоящей работы являлся обзор осушительно-увлажнительных систем с максимальным использованием возобновляемых природных ресурсов.

Материалы и методы. В процессе проведения научного обзора осушительно-увлажнительных систем с максимальным использованием возобновляемых природных ресурсов применялись аналитический, логический, системный и сравнительный методы научного исследования. Базу научного исследования представляли существующие конструктивные решения осушительно-увлажнительных систем, направленных на максимальное использование возобновляемых природных ресурсов, на уровне патентов, а также научной литературы.

Результаты и обсуждения. Согласно С. М. Васильеву, В. Н. Щедрину, П. И. Пыленку, В. А. Биленко, Н. Н. Дубенку, Е. В. Овчинникову,

К. Б. Шумаковой, П. А. Волковскому и др. с целью двустороннего регулирования водного режима почв предусматриваются различные методы и способы увлажнения осушаемых земель с применением осушительно-увлажнительных систем [1, 4, 6, 7, 11–15].

Осушительно-увлажнительная система представляет собой вид осушительной системы, состоящей из осушительной и увлажнительной частей [16–18]. В данных системах выделяют следующие методы увлажнения: поверхностное увлажнение (увлажнение по поверхности), подпочвенное, внутripочвенное (к которому можно отнести и капельное орошение) и дождевание.

Осушительно-увлажнительные системы классифицируются по различным признакам: виду используемого дренажного стока, вовлечения в водооборот осушаемой площади, способу осушения, увлажнения и аккумуляирования дренажного стока, степени замкнутости водооборота, полноте использования дренажного стока [19]. Классификация приведена на рисунке 1.

Так, согласно приведенной классификации к осушительно-увлажнительным системам, использующим возобновляемые природные ресурсы, можно отнести системы с аккумуляированием дренажного стока с замкнутым водооборотом полно- или полуводооборотные.

По высказываниям С. В. Найденова и др. [20], водооборотные осушительно-увлажнительные системы подразделяются на системы: с вертикальным дренажем, с грунтовым водохранилищем, с коллекторами и дренами-накопителями, с колодцами-накопителями, участками временного аккумуляирования, с одной насосной станцией и прудом-накопителем, с одной насосной станцией и двумя прудами-накопителями, с двумя насосными станциями и двумя прудами-накопителями и др.

Далее рассмотрим возможные к применению конструктивные решения осушительно-увлажнительных систем с максимальным использованием возобновляемых природных ресурсов подробнее.

Рисунок 1 – Типы осушительно-увлажнительных систем

Конструктивные решения осушительно-увлажнительных систем с колодцами, каналами, коллекторами и дренами – накопителями дренажного стока приведены на рисунках 2–4.

Рисунок 2 – Осушительно-увлажнительная система с колодцами-накопителями

Рисунок 3 – Осушительно-увлажнительная мелиоративная система с каналами-накопителями

Рисунок 4 – Водооборотная осушительно-увлажнительная система с колодцами-накопителями

На рисунке 2 приведена система с колодцами-накопителями, на которых установлены дождевальные установки [21]. Недостатком данной осушительно-увлажнительной системы является возможный недостаточный объем дренажной воды в колодце-накопителе в засушливый период, когда не будет ежедневного возобновления запаса воды в системе, а также невозможность очистки дренажной воды от солей, пестицидов и при необходимости разбавления слабоминерализованной водой из водоисточника.

На рисунке 3 приведена модульная система с каналами-накопителями и с подпочвенным увлажнением через осушительно-увлажнительный дренаж, с использованием накопленного дренажного стока вышерасположенного модуля, что является достоинством данной системы [22]. Но это же является и основным недостатком, так как в засушливые периоды, когда не будет притока поверхностных и грунтовых вод, может быть недостаточно объема накопленного стока, что приведет к потере урожая, кроме того, накопленный дренажный сток часто требует очистки от различных пестицидов, а также может потребоваться понижение минерализации.

На рисунке 4 приведена водооборотная осушительно-увлажнительная система с вертикальными водонепроницаемыми колодцами – накопителями дренажного стока, имеющими перфорацию в верхнем слое почвы до уровня осушения мелиорируемой территории [23]. Накопленный дренажный сток используется для орошения в засушливый период способом субиригации. Предлагаемая система имеет все недостатки предыдущих конструктивных решений осушительно-увлажнительных систем.

В результате мы видим, что осушительно-увлажнительные системы с каналами, колодцами, а также коллекторами и дренами-накопителями имеют ограничение по объему для накопления и хранения дренажного стока, которого в засушливый период может быть недостаточно. А если в вегетационный период не будет дополнительной подпитки со стороны грунтовых вод и поднятия УГВ, все это приведет к снижению урожайности или полной потере урожая различных сельскохозяйственных культур.

Рассмотрим конструктивные решения мелиоративных систем с различными участками, прудами, бассейнами и водохранилищами для накопления и повторного использования дренажного стока, позволяющие применять дождевание, капельное орошение как наиболее перспективные виды увлажнения.

На рисунке 5 приведена гидромелиоративная система с оросительной и дренажной сетью, предложенная В. И. Ольгаренко, А. В. Колгановым, Г. В. Ольгаренко и др. [24], которая имеет также в своем составе бассейн-накопитель, узел водоочистки и две насосные станции (водозаборную и перекачивающую).

Данное конструктивное решение позволяет очищенные дренажные воды сбрасывать в водоприемник либо повторно использовать за счет перекачки насосной станцией в узел подготовки совместно с оросительной водой из водоисточника, в связи с чем данный принцип может быть использован в осушительной сети в разрезе осушительно-увлажнительной

системы. Но недостатком такого конструктивного решения является то, что не предусмотрено проведение дождевания нижерасположенных участков без применения насосной станции дождевальными машинами с собственными насосно-силовыми установками.

Рисунок 5 – Гидромелиоративная система с бассейном-накопителем и двумя насосными станциями

Ученые В. К. Губин, М. Ю. Храбров, Л. В. Кудрявцева и др. предложили конструктивное решение осушительно-увлажнительной системы [25] с одним прудом-накопителем, насосной станцией и дополнительным насосом для нагнетания оросительной воды в оросительную сеть с капельницами-водовыпусками (рисунок 6).

Преимущество приведенного конструктивного решения выражается в возможности очистки дренажных вод, но из-за высокого требования к качеству оросительной воды для капельного орошения будет наблюдаться снижение надежности работы системы и быстрый выход из строя филь-

трующих элементов. Также капельное орошение применимо не для всех сельскохозяйственных культур, выращиваемых на осушенных землях. Еще один недостаток предложенного конструктивного решения, приведенного на рисунке 6, выражается в низком коэффициенте использования дренажного стока (воды) из-за расходования ее резерва на компенсирование испарения с поверхности пруда как одного из источников расходования оросительной воды наряду с фильтрацией.

1 – закрытые дрены; 2 – закрытые коллекторы; 3 – канал; 4 – пруд – накопитель дренажного стока; 5 – насосная станция; 6 – гаситель напора; 7 – трубопровод; 8 – дисковые разбрызгиватели; 9 – фильтрационная площадка; 10 – водосборная канавка; 11 – накопитель фильтрата; 12 – насос; 13 – трубопровод; 14 – водораспределительный трубопровод; 15 – поливной трубопровод; 16 – капельницы-водовыпуски

Рисунок 6 – Осушительно-увлажнительная система с прудом-накопителем и двумя насосными агрегатами

Устранить этот недостаток представленного конструктивного решения попытались такие ученые, как А. А. Поддубский, А. В. Шуравилин, П. А. Докукин и др. [26], в своем изобретении (рисунок 7).

В данном техническом решении уменьшение объема воды на испарение достигается за счет применения экрана из светонепроницаемого материала мембранного типа, что также позволяет снизить объем мертвого запаса воды в пруду-накопителе, тем самым уменьшить глубину пруда. Также за счет снижения мертвого объема можно уменьшить размеры пруда-накопителя при той же глубине, что существенно сказывается на коэффициенте земельного использования мелиорируемой территории.

- 1 – мелиорируемый участок; 2 – закрытые дрены; 3 – коллекторы; 4 – собиратель;
 5 – пруд-накопитель; 6 – защитный экран; 7 – насосная станция; 8 – фильтр;
 9 – распределительные трубопроводы; 10 – поливные трубопроводы;
 11 – водовыпуски-капельницы; 12 – лебедки; 13 – сбросной трубопровод

Рисунок 7 – Осушительно-увлажнительная система с прудом-накопителем и насосной станцией

Использование капельного орошения в обоих приведенных выше конструктивных решениях осушительно-увлажнительных систем позволяет понизить оросительные нормы, за счет чего уменьшаются размеры прудов – накопителей дренажного стока. Тем не менее применение дренажного стока может негативно сказываться на функционировании системы капельного орошения. Для полноценного функционирования такой системы необходимо предусматривать различные способы снижения содержания вредных примесей [27].

Такие ученые, как Б. С. Маслов, И. В. Минаев и К. В. Губер, предложили при осушении лесов конструктивное решение самотечной осушительной системы без применения насосной станции [28] (рисунок 8). В ее составе имеются так называемые противопожарные водоемы в виде небольших прудов-накопителей, в них накапливается паводковый сток, который в дальнейшем может использоваться при тушении пожаров.

Подобный принцип может применяться и в осушительно-увлажнительных системах с использованием капельного орошения, при котором

объема небольших прудов-накопителей будет достаточно для орошения осушенной площади. Также применение небольших прудов-накопителей в большем количестве может благоприятно сказываться на выращивании сельскохозяйственных культур, так как за счет них производится резервирование, прогрев (оказывает положительное влияние на растения) и возможно повторное использование на нижерасположенных ярусах [29, 30].

1 – кварталные просеки; 2 – граница заболоченного массива; 3 – нагорно-ловчий канал; 4 – МК; 5 – транспортирующий собиратель; 6 – осушители; 7 – собирательные борозды; 8 – борозды; 9 – противопожарные пруды-накопители; 22–28 – горизонтали

Рисунок 8 – Схема лесосушительной системы с противопожарными прудами-накопителями

В. Ф. Карловским, Л. С. Шкабаро, Ю. М. Корчохой и др. было предложено конструктивное решение осушительно-увлажнительной системы с прудом-накопителем, участками временного аккумуляирования и насосной станцией [31] (рисунок 9).

Предложенное авторами конструктивное решение осушительно-увлажнительной системы позволяет накапливать дренажный сток не только в пруду-накопителе, но и на участках временного аккумуляирования, которые можно применять для выращивания сельскохозяйственных культур более позднего срока посадки после использования накопленного на них дренажного стока на других участках осушаемого массива.

1 – пруд-накопитель; 2 – водовыпуски на увлажнение; 3 – водовпуск; 4 – участки временного аккумулярования; 5 – дамбы; 6 – коллекторы; 7 – регулирующий канал; 8 – регулирующие подпорные сооружения; 9 – водовыпуски; 10 – трубопровод; 11 – насосная станция; 12 – камера переключения; 13 – увлажнительные водопроводящие каналы; 14 – сбросной канал; 15 – водоприемник; 16 – осушительно-увлажнительная сеть; 17 – подпорное сооружение двустороннего действия; 18 – водовыпуск

Рисунок 9 – Осушительно-увлажнительная система с прудом-накопителем, участками временного аккумулярования и насосной станцией

Выводы. Проведенный обзор и анализ существующих конструктивных решений осушительно-увлажнительных систем, направленных на максимальное использование возобновляемых природных ресурсов, выявил следующее:

- в составе осушительно-увлажнительных систем с максимальным использованием возобновляемых природных ресурсов обязательным элементом выступают различные накопители дренажного стока (дрены-накопители, коллекторы-накопители, колодцы-накопители; участки временного аккумулярования; пруды-накопители; водохранилища);

- при разработке новых конструкций осушительно-увлажнительных систем с максимальным использованием возобновляемых природных ресурсов необходимо учесть все недостатки приведенных конструктивных

решений: предусмотреть достаточный объем накопителей дренажного стока в зависимости от способа увлажнения и необходимого объема оросительной воды, предусмотреть мероприятия по очистке от вредных примесей (солей, пестицидов и др.) и при необходимости предусматривать возможность разбавления слабоминерализованной водой из дополнительных водных источников, предусматривать возможность увлажнения нижерасположенных участков из накопителей верхних ярусов, предусматривать меры по снижению испарения и фильтрации для уменьшения размеров накопительных емкостей, что позволит комплексно использовать природные ресурсы за счет аккумуляции и перераспределения дренажного стока внутри осушительно-увлажнительной системы.

Список использованных источников

1 Васильев, С. М. Моделирование процесса проектирования элементов осушительной части мелиоративной системы двойного регулирования водного режима / С. М. Васильев, А. Л. Кожанов // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. – 2019. – № 1(01). – С. 113–128. – Режим доступа: http://rosniipm-sm1.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec16-field12.pdf.

2 Печенина, В. С. Технологические схемы регулирования водного режима переувлажненных минеральных и торфяных почв / В. С. Печенина, Е. В. Носова // Современные проблемы мелиорации и водного хозяйства: материалы междунар. науч.-практ. конф. – М.: ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 2009. – Т. 2. – С. 132–143.

3 Кожанов, А. Л. Анализ конструкций мелиоративных систем двустороннего действия и основные пути совершенствования / А. Л. Кожанов, О. В. Воеводин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 2(70). – С. 91–98.

4 Биленко, В. А. Автоматизация регулирования уровня грунтовых вод на осушительно-увлажнительных системах средствами гидроавтоматики / В. А. Биленко, А. С. Штучкина // Мелиорация и водное хозяйство XXI века. Наука и образование: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Горки, 2010. – Ч. 2. – С. 235–239.

5 Кожанов, А. Л. Моделирование процесса компоновки функциональных модулей осушительной системы двустороннего действия / А. Л. Кожанов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 4(72). – С. 24–31.

6 Пыленок, П. И. Оценка площади увлажнения осушаемых земель дренажным стоком / П. И. Пыленок, И. В. Сидоров, А. М. Гавриков // Современные проблемы мелиорации и водного хозяйства: материалы междунар. науч.-практ. конф. – М.: ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 2009. – Т. 2. – С. 147–151.

7 Безднина, С. Я. Технологическая схема замкнутых систем водопользования в мелиорации / С. Я. Безднина, Е. В. Овчинникова // Проблемы устойчивого развития мелиорации и рационального природопользования: материалы юбилейн. междунар. науч.-практ. конф. (Костяковские чтения). – М.: ВНИИА, 2007. – Т. 2. – С. 93–98.

8 Пути совершенствования планового водопользования на оросительных системах: науч. обзор / В. Н. Щедрин, А. С. Штанько, О. В. Воеводин, А. Л. Кожанов,

С. Л. Жук, А. Е. Шепелев; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2014. – 36 с. – Деп. в ВИНТИ 03.07.14, № 194-B2014.

9 Characteristics of drainage water quality and loading from paddy field under cyclic irrigation and its management options / N. Hatcho, K. Kurihara, Y. Matsuno, H. Horino // *Journal of Water Resource and Protection*. – 2018. – Vol. 10, № 1. – P. 73–84. – DOI: 10.4236/jwarp.2018.101005.

10 Assessment of wastewater reuse effects on nutrient loads from paddy field using field-scale water quality model / S. M. Kim, S. J. Im, S. W. Park, J. J. Lee, B. L. Benham, T. I. Jang // *Environmental Modeling & Assessment*. – 2008. – № 13. – P. 305–313. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s10666-007-9093-7>.

11 Дубенок, Н. Н. Система двустороннего регулирования водного режима: учеб.-метод. пособие / Н. Н. Дубенок, К. Б. Шумакова. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2010. – 90 с.

12 Осушительные системы двустороннего действия: науч. обзор / С. М. Васильев, В. Н. Щедрин, А. Л. Кожанов, О. В. Воеводин, В. В. Слабунов, А. С. Штанько, С. Л. Жук; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2018. – 117 с. – Деп. в ВИНТИ 06.08.18, № 90-B2018.

13 Проектирование системы двустороннего регулирования водного режима / Н. Н. Дубенок, К. Б. Шумакова, Р. В. Калиниченко, С. И. Харитонов. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2010. – 71 с.

14 Осушительно-оросительная система: метод. указания / П. А. Волковский, А. А. Розова, З. Я. Светличная, Н. Н. Дубенок. – М., 1990. – 53 с.

15 Шумакова, К. Б. Осушительно-оросительная система / К. Б. Шумакова. – М.: МСХА, 2005. – 111 с.

16 Ященко, К. В. Использование дренажного стока для целей орошения на осушительно-увлажнительной системе / К. В. Ященко, Х. И. Килиди // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сб. ст. по материалам X Всерос. конф. молодых ученых, посвящ. 120-летию И. С. Косенко, 29–30 нояб. 2016 г. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – С. 1206–1207.

17 Возможности реализации рециклинга на осушительно-увлажнительных системах гумидной зоны / В. П. Максименко, Е. Б. Стрельбицкая, А. П. Соломина, Н. В. Айриян // *Природообустройство*. – 2016. – № 2. – С. 87–94.

18 Губин, В. К. Пути совершенствования осушительно-увлажнительных систем / В. К. Губин, В. П. Максименко, М. Ю. Храбров // *Мелиорация и водное хозяйство*. – 2016. – № 1. – С. 32–36.

19 Кожанов, А. Л. Методология выбора конструктивного решения осушительной системы двустороннего действия / А. Л. Кожанов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 3(71). – С. 21–27.

20 Найденов, С. В. Обзор водооборотных систем на основе гидромелиоративного рециклинга / С. В. Найденов, Ю. Е. Домашенко, С. М. Васильев // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации* [Электронный ресурс]. – 2018. – № 2(30). – С. 95–111. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec548-field6.pdf.

21 Пат. 2608050 Российская Федерация, МПК⁷ Е 02 В 11/00. Осушительно-увлажнительная система / Губин В. К., Храбров М. Ю., Максименко В. П., Кудрявцева Л. В., Соломина А. П., Стрельбицкая Е. Б.; заявитель и патентообладатель Всерос. науч.-исслед. ин-т гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова. – № 2015142674; заявл. 08.10.15; опубл. 12.01.17, Бюл. № 2. – 8 с.

22 Пат. 2233075 Российская Федерация, МПК⁷ А 01 G 25/00. Осушительно-увлажнительная мелиоративная система / Пыленок П. И., Бородычев В. В., Салдаев А. М.; заявитель и патентообладатель Всерос. науч.-исслед. ин-т гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова. – № 2003104219/12; заявл. 12.02.03; опубл. 27.07.04, Бюл. № 21. – 4 с.

23 Пат. 2655799 Российская Федерация, МПК⁷ А 01 G 25/00. Водооборотная осушительно-увлажнительная мелиоративная система / Губин В. К.; заявитель и патентообладатель Всерос. науч.-исслед. ин-т гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова. – № 2017130842; заявл. 31.08.17; опубл. 29.05.18, Бюл. № 16. – 5 с.

24 Пат. 2163068 Российская Федерация, МПК⁷ А 01 G 25/06, Е 02 В 11/00. Гидромелиоративная система / Ольгаренко В. И., Колганов А. В., Ольгаренко Г. В., Лисконов А. А.; заявитель и патентообладатель Первич. орг. изобретателей и рационализаторов «Мелиоратор». – № 98111464/13; заявл. 15.06.98; опубл. 20.02.01. – 3 с.

25 Пат. 2628341 Российская Федерация, МПК⁷ Е 02 В 11/00. Осушительно-увлажнительная мелиоративная система / Губин В. К., Храбров М. Ю., Кудрявцева Л. В., Соломина А. П., Стрельбицкая Е. Б., Дорофеева И. Н.; заявитель и патентообладатель Всерос. науч.-исслед. ин-т гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова. – № 2016115475; заявл. 21.04.16; опубл. 16.08.17, Бюл. № 23. – 5 с.

26 Пат. 2663596 Российская Федерация, МПК⁷ Е 02 В 11/00. Осушительно-увлажнительная система / Шуравилин А. В., Поддубский А. А., Докукин П. А., Гурина Р. Р., Калайджян К. Е.; заявитель и патентообладатель Рос. ун-т дружбы народов. – № 2016150140; заявл. 20.12.16; опубл. 07.08.18, Бюл. № 22. – 11 с.

27 Шевченко, В. А. Капельное орошение с использованием дренажных вод на осушительно-увлажнительных гидромелиоративных системах / В. А. Шевченко, В. П. Максименко, В. К. Губин // Известия Международной академии аграрного образования. – 2018. – № 39. – С. 212–215.

28 Маслов, Б. С. Справочник по мелиорации / Б. С. Маслов, И. В. Минаев, К. В. Губер. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 384 с.

29 Пат. 2324332 Российская Федерация, МПК⁷ А 01 G 25/00. Оросительная система / Щедрин В. Н., Васильев С. М., Бородычев В. В., Салдаев А. М., Кожанов А. Л.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – № 2006134366/12; заявл. 27.09.06; опубл. 20.05.08, Бюл. № 14. – 3 с.

30 Пат. 2353088 Российская Федерация, МПК⁷ А 01 G 25/00. Оросительная система с использованием прудов-накопителей / Щедрин В. Н., Васильев С. М., Швайко Г. Н., Кожанов А. Л.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – № 2007124078/12; заявл. 26.06.07; опубл. 27.04.09, Бюл. № 12. – 3 с.

31 А. с. 1355664 СССР, МПК⁷ Е 02 В 11/00. Осушительно-увлажнительная система / В. Ф. Карловский, Л. С. Шкабаро, Ю. М. Корчоха, А. П. Русецкий, Н. Д. Станкевич. – № 3867363/30-15; заявл. 19.03.85; опубл. 30.11.87, Бюл. № 44. – 2 с.

References

1 Vasiliev S.M., Kozhanov A.L., 2019. *Modelirovanie protsessa proektirovaniya elementov osushitel'noy chasti meliorativnoy sistemy dvoynogo regulirovaniya vodnogo rezhima* [Modeling of the design process of the elements of the drainage sector of the drainage-irrigation system of the water regime]. *Ekologiya i vodnoe khozyaystvo* [Ecology and Water Management], no. 1(01), pp. 113-128, available: http://rosniipm-sm1.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec16-field12.pdf. (In Russian).

2 Pechenina V.S., Nosova E.V., 2009. *Tekhnologicheskie skhemy regulirovaniya vodnogo rezhima pereuvlazhnennykh mineral'nykh i torfyanykh pochv* [Technological schemes for regulating the water regime of waterlogged mineral and peat soils]. *Sovremennye problemy melioratsii i vodnogo khozyaystva: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Urgent Issues of Land Reclamation and Water Management: Proc. of Scientific-Practical Conference]. Moscow, VNIIGiM named after A.N. Kostyakov Publ., vol. 2, pp. 132-143. (In Russian).

3 Kozhanov A.L., Voevodin O.V., 2018. *Analiz konstruktivnykh sistem dvustoronnego deystviya i osnovnye puti sovershenstvovaniya* [Analysis of bilateral reclama-

tion systems constructions and the main ways of their improvement]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 2(70), pp. 91-98. (In Russian).

4 Bilenko V.A., Shtuchkina A.S., 2010. *Avtomatizatsiya regulirovaniya urovnya gruntovykh vod na osushitel'no-uvlazhnitel'nykh sistemakh sredstvami gidroavtomatiki* [Automation of regulation of the groundwater table in drainage-irrigation systems using hydraulic means]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo XXI veka. Nauka i obrazovanie: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Irrigation and Water Management of the 21st century. Science and Education: Proc. Scientific-Practical Conference]. Gorki, pt. 2, pp. 235-239. (In Russian).

5 Kozhanov A.L., 2018. *Modelirovanie protsessa komponovki funktsional'nykh moduley osushitel'noy sistemy dvustoronnego deystviya* [Modeling of the process of functional modules arrangement of the double acting drainage system]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 4(72), pp. 24-31. (In Russian).

6 Pylenok P.I., Sidorov I.V., Gavrikov A.M., 2009. *Otsenka ploshchadi uvlazhneniya osushaemykh zemel' drenazhnym stokom* [Estimation of the moistening area of the drained lands with drainage runoff]. *Sovremennye problemy melioratsii i vodnogo khozyaystva: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Urgent Issues of Irrigation and Water Management: Proc. International Scientific-Practical Conference]. Moscow, VNIIGiM named after A.N. Kostyakov Publ., vol. 2, pp. 147-151. (In Russian).

7 Bezdina S.Ya., Ovchinnikova E.V., 2007. *Tekhnologicheskaya skhema zamknutykh sistem vodopol'zovaniya v melioratsii* [Technological scheme of closed water systems in land reclamation]. *Problemy ustoychivogo razvitiya melioratsii i ratsional'nogo prirodopol'zovaniya: materialy yubileyroy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Kostyakovskie chteniya)* [Problems of Sustainable Development of Land Reclamation and Rational Nature Management: Proc. International Scientific-Practical Conference (Kostyakov readings)]. Moscow, VNIIA, vol. 2, pp. 93-98. (In Russian).

8 Shchedrin V.N., Shtan'ko A.S., Voevodin O.V., Kozhanov A.L., Zhuk S.L., Shepelev A.E., 2014. *Puti sovershenstvovaniya planovogo vodopol'zovaniya na orositel'nykh sistemakh: nauch. obzor* [Ways to improve planned water use in irrigation systems: scientific review]. Novochoerkassk, 36 p., deposited in VINITI on 07.03.2014, no. 194-V2014. (In Russian).

9 Hacho N., Kurihara K., Matsuno Y., Horino H., 2018. Characteristics of drainage water quality and loading from paddy field under cyclic irrigation and its management options. *Journal of Water Resource and Protection*, vol. 10, no. 1, pp. 73-84, DOI: 10.4236/jwarp.2018.101005.

10 Kim S.M., Im S.J., Park S.W., Lee J.J., Benham B.L., Jang T.I., 2008. Assessment of wastewater reuse effects on nutrient loads from paddy field using field-scale water quality model. *Environmental Modeling & Assessment*, no. 13, pp. 305-313, DOI: <https://doi.org/10.1007/s10666-007-9093-7>.

11 Dubenok N.N., Shumakova K.B., 2010. *Sistema dvustoronnego regulirovaniya vodnogo rezhima: uchebno-metod. posobie* [System of Bilateral Regulation of Water Regime: textbook]. Moscow, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy Publ., 90 p. (In Russian).

12 Vasiliev S.M., Shchedrin V.N., Kozhanov A.L., Voevodin O.V., Slabunov V.V., Shtan'ko A.S., Zhuk S.L., 2018. *Osushitel'nye sistemy dvustoronnego deystviya: nauch. obzor* [Double-Acting Drainage Systems: scientific review]. Novochoerkassk, 117 p., deposited in VINITI on 08.06.2018, no. 90-V2018. (In Russian).

13 Dubenok N.N., Shumakova K.B., Kalinichenko R.V., Kharitonov S.I., 2010. *Proektirovanie sistemy dvustoronnego regulirovaniya vodnogo rezhima* [Design of a System for Bilateral Regulation of Water Regime]. Moscow, Russian State Authentic Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev Publ., 71 p. (In Russian).

14 Volkovsky P.A., Rozov A.A., Svetlichnaya Z.Ya., Dubenok N.N., 1990. *Osushitel'no-orositel'naya sistema: metod. ukazaniya* [Drainage-Irrigation System: Guidelines]. Moscow, 53 p. (In Russian).

15 Shumakova K.B., 2005. *Osushitel'no-orositel'naya sistema* [Double-Acting Irrigation Systems]. Moscow, MAA Publ., 111 p. (In Russian).

16 Yashchenko K.V., Kilidi Kh.I., 2017. *Ispol'zovanie drenazhnogo stoka dlya tseley orosheniya na osushitel'no-uvlazhnitel'noy sisteme* [Use of drainage flow for irrigation purposes on a drainage-irrigation system]. *Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa: sb. st. po materialam X Vserossiiskoy konferentsii molodykh uchenykh, posvyashchennaya 120-letiyu I. S. Kosenko* [Scientific support of the agro-industrial complex: Proc. of X All-Russian Conference of Young Scientists dedicated to 120th anniversary of I.S. Kosenko]. Krasnodar, KubSAU Publ., pp. 1206-1207. (In Russian).

17 Maksimenko V.P., Strel'bitskaya E.B., Solomina A.P., Ayriyan N.V., 2016. *Vozmozhnosti realizatsii retsiklinga na osushitel'no-uvlazhnitel'nykh sistemakh gumidnoy zony* [Possibility of implementing recycling on the drainage-irrigation systems of the humid area]. *Prirodoobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 2, pp. 87-94. (In Russian).

18 Gubin V.K., Maksimenko V.P., Khrabrov M.Yu., 2016. *Puti sovershenstvovaniya osushitel'no-uvlazhnitel'nykh sistem* [Ways to improve drainage-humidification systems]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Irrigation and Water Management], no. 1, pp. 32-36. (In Russian).

19 Kozhanov A.L., 2018. *Metodologiya vybora konstruktivnogo resheniya osushitel'noy sistemy dvustoronnego deystviya* [Methodology of choosing a constructive solution of a drainage system of bilateral action]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 3(71), pp. 21-27. (In Russian).

20 Naidenov S.V., Domashenko Yu.E., Vasiliev S.M., 2018. [Review of water-rotation systems based on hydro-reclamation recycling]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 2(30), pp. 95-111, available: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec548-field6.pdf. (In Russian).

21 Gubin V.K., Khrabrov M.Yu., Maksimenko V.P., Kudryavtseva L.V., Solomina A.P., Strel'bitskaya E.B., 2015. *Osushitel'no-uvlazhnitel'naya sistema* [Drainage-Irrigation System]. Patent RF, no. 2608050. (In Russian).

22 Pylenok P.I., Borodychev V.V., Saldaev A.M., 2003. *Osushitel'no-uvlazhnitel'naya meliorativnaya sistema* [Drainage-Irrigation System]. Patent RF, no. 2233075. (In Russian).

23 Gubin V.K., 2017. *Vodooborotnaya osushitel'no-uvlazhnitel'naya meliorativnaya sistema* [Water Rotation Drainage-Irrigation System]. Patent RF, no. 2655799. (In Russian).

24 Ol'garenko V.I., Kolganov A.V., Ol'garenko G.V., Liskonov A.A., 1998. *Gidromeliorativnaya sistema* [Irrigation System]. Patent RF, no. 2163068. (In Russian).

25 Gubin V.K., Khrabrov M.Yu., Kudryavtseva L.V., Solomina A.P., Strel'bitskaya E.B., Dorofeeva I.N., 2016. *Osushitel'no-uvlazhnitel'naya meliorativnaya sistema* [Drainage-Irrigation System]. Patent RF, no. 2628341. (In Russian).

26 Shuravilin A.V., Poddubsky A.A., Dokukin P.A., Gurina R.R., Kalaydzhyan K.E., 2016. *Osushitel'no-uvlazhnitel'naya sistema* [Drainage-Irrigation System]. Patent RF, no. 2663596. (In Russian).

27 Shevchenko V.A., Maksimenko V.P., Gubin V.K., 2018. *Kapel'noe oroshenie s ispol'zovaniem drenazhnykh vod na osushitel'no-uvlazhnitel'nykh gidromeliorativnykh sistemakh* [Drip irrigation using drainage water in drainage-irrigation systems]. *Izvestiya Mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya* [Bull. of the International Academy of Agricultural Education], no. 39, pp. 212-215. (In Russian).

28 Maslov B.S., Minaev I.V., Huber K.V., 1989. *Spravochnik po melioratsii* [Reclamation Handbook]. Moscow, Rosagropromizdat Publ., 384 p. (In Russian).

29 Shchedrin V.N., Vasiliev S.M., Borodychev V.V., Saldaev A.M., Kozhanov A.L., 2006. *Orositel'naya sistema* [Irrigation System]. Patent RF, no. 2324332. (In Russian).

30 Shchedrin V.N., Vasiliev S.M., Shvayko G.N., Kozhanov A.L., 2007. *Orositel'naya sistema s ispol'zovaniem prudov-nakopiteley* [Irrigation System Using Storage Ponds]. Patent RF, no. 2353088. (In Russian).

31 Karlovsky V.F., Shkabaro L.S., Korchokha Yu.M., Rusetskiy A.P., Stankevich N.D., 1985. *Osushitel'no-uvlazhnitel'naya sistema* [Drainage and Irrigation System]. USSR Author's Certificate, no. 1355664. (In Russian).

Кожанов Антон Леонидович

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: Antoha-Nikolaevskaya@rambler.ru

Kozhanov Anton Leonidovich

Degree: Candidate of Technical Sciences

Position: Leading Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

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

E-mail: Antoha-Nikolaevskaya@rambler.ru