

Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінің Ғылым жаршысы: пәнаралық = Вестник науки Казахского агротехнического исследовательского университета имени Сакена Сейфуллина: междисциплинарный. – Астана: С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, 2025. -№ 1 (124). - Р. 13-26. - ISSN 2710-3757, ISSN 2079-939X

doi.org/ 10.51452/kazatu.2025.1(124).1807

УДК 627.816; 631.6.02

Обзорная статья

Роль валоканав в сельском хозяйстве: мелиорация, борьба с эрозией и сохранение влаги

Айкешев Б.М.¹ , Айнакулов Ж.Ж.¹, , Нурушев М.Ж.² 

¹Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина
Астана, Казахстан

²Международный университет Астана, Астана, Казахстан

Автор-корреспондент: Айкешев Б.М.: aikeshhev@gmail.com

Соавторы: (1: ЖЖ) jaras1987@mail.ru; (2: МЖ) nuryshev@mail.ru

Получено: 05-01-2025 **Принято:** 05-02-2025 **Опубликовано:** 31-03-2025

Аннотация

Статья посвящена исследованию и применению валоканав (swales) - простейших гидротехнических сооружений, предназначенных для управления водными ресурсами и предотвращения почвенной эрозии. Рассматриваются исторические корни этой технологии, начиная с неолитической революции, когда небольшие валы использовались для задержки паводковых вод. В статье проанализирована эволюция использования валоканав, начиная от древних лиманных систем до современного пермакультурного дизайна, и описываются их преимущества в управлении водными ресурсами.

Валоканавы представляют собой неглубокие каналы, размещаемые вдоль контурных линий рельефа и служат для задержки и постепенного проникновения поверхностных вод в почву. Они предотвращают водную эрозию, способствуют накоплению влаги, улучшают водопоглощение и повышают продуктивность агроэкосистем. Авторы выделяют их особую значимость в Казахстане, где частые засухи и наводнения требуют эффективных противоэрозионных мер.

Современное применение валоканав также представлено в контексте концепций пермакультуры. В статье подчеркивается роль ключевых фигур пермакультуры *П.А. Йоманса* и *Б. Моллисона* в популяризации валоканав и их интеграции в принципы устойчивого управления экосистемами.

Особое внимание уделено использованию технологий географических информационных систем (ГИС- технологии), позволяющих оптимизировать планирование и внедрение валоканав, что повышает эффективность мероприятий по управлению водными ресурсами.

Ключевые слова: валоканавы; водная эрозия; сток; водосборный бассейн; ГИС-технологии; пермакультурный дизайн.

Введение

Водные ресурсы Республики Казахстан характеризуются высокой степенью непостоянства сезонного стока внутренних водосборных бассейнов [1, 2]. Что с высокой частотой приводит к таким стихийным бедствиям, как засухи и наводнения. Так, периодичность сильных засух в Центральном и Западном Казахстане составляет 1 раз в 4-6 лет, а в областях Восточного и Северного Казахстана 1 раз в 8-45 лет [3].

Вместе с тем, с 2005 по 2015 годы в Казахстане зарегистрировано более 300 наводнений различного происхождения, из которых 70% приходится на наводнения, связанные с весенним половодьем, 30% были вызваны выпадением дождей и 10% другими причинами. Наводнения в

Казахстане отмечаются ежегодно, но их распространение и масштаб год от года варьируются весьма существенно. Примерно 1 раз в 50-100 лет на реках Казахстана случаются катастрофические наводнения [4].

В этой статье рассматривается значение простейших гидротехнических сооружений, так называемых валоканав (валов-канав, swales) в плане минимизации потерь от засух, наводнений, эрозии почвы и увеличения продуктивности экосистем.

История применения валоканав

Археологические изыскания показали, что технологию валоканав люди используют со времен неолитической революции. В работе *Г.Н. Лисициной* первый этап в истории возникновения и развития орошаемого земледелия характеризовался возникновением земледелия, орошаемого лиманным способом и базировавшегося на естественных разливах в низовьях горных рек или в области затухающих дельтовых протоков равнинных рек. Задержка паводковых вод производилась с помощью небольших валиков, окаймлявших поля. Уже в это время зарождаются начальные формы мелиоративных работ, что выражается в подчистке заиленных дельтовых протоков и отводе излишков воды на пониженные участки в сторону от полей. Эти мероприятия позволяли не только рационально использовать паводковые разливы, но и постепенно расширять орошаемые площади. Этот первый этап охватывал отрезок времени с 5 тысячелетия до начала 1 тысячелетия до н.э. [5].

Сегодня валоканавы, или swales, представляют собой ключевой элемент современного ландшафтного дизайна и управления водными ресурсами. Эти инженерные сооружения предназначены для задержки и распределения стока талых и дождевых вод, улучшения водопоглощения почвы и предотвращения эрозии [6].

Валоканавы представляют собой неглубокие канавы, расположенные вдоль контурных линий участка. Основная их задача - перехват и задержка местного стока с целью его постепенного проникновения в почву. В сельском хозяйстве валоканавы используются для улучшения водного режима почвы, увеличения урожайности и снижения эрозии. Они позволяют эффективно распределять талые и дождевые воды, предотвращая образование эрозионных оврагов и формируя условия для роста растений.

К самостоятельно применяемым сооружениям и устройствам относятся водопоглощающие канавы с валами, водорегулирующие (водоотводящие) валы на склонах, валы с широким основанием (валы-террасы), водозадерживающие валы у вершин оврагов, различные распылители стока, вершинные и донные сооружения [7].

Современные валоканавы, как концепция управления водными ресурсами и предотвращения эрозии, начали развиваться в середине XX века. Важные вехи в истории валоканав включают:

1950-е годы: Австралийский фермер и изобретатель *П.А. Йоманс (P.A. Yeomans)* представил концепцию «Keyline Design», в которой используются контурная вспашка и валоканавы для снижения потерь плодородного слоя из-за водной эрозии, улучшения водного режима и повышения плодородия почвы [8].

1970-е годы: Австралийский эколог и дизайнер *Б. Моллисон (B. Mollison)* вместе с *Дэвидом Холмгреном (D. Holmgren)* разработали принципы пермакультуры, которые включают использование валоканав для создания устойчивых агроэкосистем [9].

Сегодня валоканавы продвигаются различными организациями, пермакультурными дизайнерами и экологами по всему миру. Ключевые фигуры пермакультурного дизайна: *Дж. Лоутон (G. Lawton)*, известный пермакультурный дизайнер и коуч, активно продвигающий использование валоканав в своих проектах по всему миру. Permaculture Research Institute: организация, основанная *Б. Моллисоном* и *Дж. Лоутоном*, занимается обучением и продвижением пермакультуры, включая использование валоканав [10]; специалисты в области экологического дизайна, такие как *М. Шенард (M. Shepard)* и *Д. Дозерти (D. Doherty)*, активно используют валоканавы в своих проектах по созданию устойчивых ландшафтов [11]; *З. Хольцер (S. Holzer)* - фермер, международный консультант концепции экологического сельского хозяйства, названной «пермакультурой Хольцера» [12].

Валоканавы для сохранения почвенной влаги

Валоканавы применяются не только новаторами пермакультурного дизайна, в рутинной практике сельского хозяйства валоканавы занимают своё достойное место. Так, валоканавы

используют для увеличения инфильтрации воды в почву, что улучшает водный баланс, пополняя запасы грунтовых вод, и снижает потребность в дополнительном орошении. Широко применяются валоканавы, как элемент лиманов при лиманном орошении [13].

Частный случай валоканав - валы-террасы с широким основанием размещают на склонах землепользования с уклоном поверхности не более 5° . Они имеют следующие параметры: общая высота – 0,3-0,6 м; ширина основания – 2,7-5,4 м; величина мокрого откоса 1:5, сухого – 1:4.

Валы-террасы сооружают параллельно как горизонталям местности, так и друг другу, а при чрезмерном увлажнении и низком коэффициенте фильтрации – под углом к горизонталям. На концах валы-террасы, строящиеся по горизонтали, имеют шпоры, развёрнутые вверх по склону под углом 120° , а также через каждые 200-300 м земляные перемычки.

Такие простые гидротехнические сооружения предотвращают смыв почвы, способствуют переводу поверхностного стока в подпочвенный, что сказывается в целом на повышении урожайности сельскохозяйственных культур. Обработку грунта при этом производят вдоль направления валов.

Расчёт валов-террас и установка расстояний между ними производятся по специальным формулам. Основная цель этих расчётов состоит в задании таких параметров вала, которые обеспечили бы задержание всего поверхностного стока на участке террасирования. При этом используется план землепользования в горизонталях с чётким определением границ площади террасирования и участков с одинаковым уклоном на ней.

Строят валы-террасы с помощью плугов, бульдозеров, грейдеров. Вал высотой до 0,5 м производится с помощью обычных плугов путём его напашки с обеих сторон, а при необходимости формирования высших валов используют бульдозеры и грейдеры. Строительство валов-террас предполагает выполнение следующих технологических операций: расчистка склонов и засыпание небольших оврагов и промоин; разметка местоположений валов на склоне; удаление плодородного слоя почвы и разрыхление основания под вал, пруд, перемычки и шпоры; послойная отсыпка и уплотнение грунта с поправкой на его возможную осадку; устройство водообходов в конце шпор; покрытие вала, перемычек и шпор тонким слоем (5-10 см) плодородной почвы с последующим их окрашиванием.

В целях надлежащего функционирования валов-террас и избежания возможности их размыва необходимо систематически осуществлять наблюдение за ними и оперативно устранять все повреждения.

Водозадерживающие валы с широким гребнем создают с целью задержания стока с водосборной площади и приостановки роста оврагов. Их размещают на приовражном участке выше вершины оврага. Водозадерживающий вал представляет собой земляную насыпь и выемку, из которой почва использована для его отсыпки. В подавляющем большинстве на лесах и лесовидных суглинках валы создают следующих размеров: ширина гребня – 2,5 м; ширина нижнего основания – 7,8 м; общая высота вала – 1,5 м; рабочая высота – 1,0 м; величина мокрого откоса – 1:2, а величина сухого откоса 1:1,5.

При планировке валов их оси размещают параллельно горизонталям, а с целью эффективного задержания поверхностного стока устраивают шпоры под углом $100-120^\circ$ к оси. Шпоры выполняют закрытыми или открытыми с водосливами для спуска избыточной воды. Для лучшего задержания стока через 30-50 м под прямым углом к оси вала размещают перемычки шириной 2,5 м каждая. Гребень вала и гребень шпоры выполняют строго горизонтальными, чтобы избежать возможного прорыва и разрушения сооружения.

Длину валов при вершинах оврага определяют с учётом особенностей рельефа местности, ширины стока и т. д. Обычно длина вала не должна превышать 400-500 м. Первый от вершины вал размещают на расстоянии не более трех глубин оврага.

Технология строительства водозадерживающих валов заключается в проведении ряда технологических мероприятий, обеспечивающих надёжную связь сооружения с коренным грунтом, а также соответствие всем гидрологическим и строительным расчётам. На начальном этапе проводят вспашку площади под будущее сооружение на глубину 25-27 см. Затем с площади основания вала и будущего пруда бульдозером снимают растительный слой, который временно перемещают вверх по склону. После проведения подготовки основания под будущий

вал выполняют разрыхление участка, из которого должна выбираться почва. Разрыхлённую почву перемещают бульдозером или скрепером и формируют насыпь. В целях максимального уплотнения тела вала почву насыпают слоями 40-50 см и каждый слой уплотняют проходом трактора с водоналивным катком. Планировку горизонтальной поверхности гребня вала выполняют с помощью бульдозера, а качество проводимых работ проверяют нивелиром. Предварительно снятым плодородным растительным слоем почвы покрывают выемку перед валом, а также тело вала во время его защёлки. Для закрепления водообходов и водопропусков укладывают дернину, а для закрепления тела вала, перемычек и шпор – высевают многолетние травы.

Соблюдение технологии создания водозадерживающих валов и периодических осмотров на них является залогом длительной эксплуатации этих сооружений и эффективного выполнения ими противоэрозионных функций. В случае необходимости при повреждении или разрушении таких сооружений выполняют ремонты, а при заилении более 30% ёмкости необходимо срочно организовать очистку пруда [14].

Сочетание валоканав и лесополос даёт синергетический эффект. Водорегулирующие лесные полосы, расположенные поперёк склона, при сочетании с простейшими гидротехническими устройствами – валами вдоль нижней по склону опушки с перемычками, с глубокими (0,6-2,0 м) щелями-дренами, прерывистыми траншеями и шурфами в междурядьях – повышают водопоглощающий эффект в 2-3 раза и противоэрозионное влияние в 3-5 раз [15].

Гидротехнические противоэрозионные приёмы на пашне (валы-террасы, водоотводящие валы и борозды) высокоэффективны: они уменьшают величину стока на 30-50 мм и смыва почвы в 8-12 раз. Также инфильтрацию в стокорегулирующих лесополосах можно повысить сочетанием их с другими приемами, способствующими уменьшению промерзания почв и увеличивающими площадь затопления (площадь впитывающей поверхности) за счет подпора воды, поступающей с поля. Это достигается мульчированием почвы в междурядьях лесополос и сочетанием их с канавами и валами, что позволяет увеличить водопоглощение в лесополосе в несколько раз – до 3000-5000 мм. В результате в целом на водосборе водопоглощение может составить до 40-50 мм [16].

Приемы усиления водопоглощения в лесных полосах условно делятся на биологические (мульчированные), гидротехнические (валы, канавы, щели с фильтрующим наполнителем и др.), гидромелиоративные (осушительно-увлажнительный дренаж лесомелиорированных полей), комплексные (биологические, гидрологические, гидромелиоративные). Если в стокорегулирующих лесных полосах среднее водопоглощение составляет 400-600 мм, то в лесополосах с методами усиления водопоглощения оно увеличивается в несколько раз и может достигать в максимуме 1500-2000 мм и более (на грунтах с низкой впитывающей способностью) [17].

По данным многолетних наблюдений (1978-2018 гг.), установлена высокая противоэрозионная эффективность валоканав в сочетании с лесными полосами. Стокорегулирующая роль валоканав и продолжительность их действия будут зависеть от места их расположения в лесной полосе и наличия почвозащитных агротехнических мероприятий на водосборе, которые должны быть представлены контурно-полосным размещением сельскохозяйственных культур и агрофонов, специальными агротехническими приёмами: на зяби микролиманами, лунками, прерывистыми бороздами, на посевах озимых культур и многолетних трав щелеванием и кротованием. Это обеспечивает задержание стока талых вод слоем 50-60 мм и регулирует смыв почвы до контролируемых величин (0,3-1,0 т/га в год). Изъятие из почвозащитной системы контурно-полосного размещения культур и агрофонов, специальных агротехнических приёмов заметно снижает противоэрозионную эффективность биоинженерного комплекса [18, 19].

Валоканавы как инструмент борьбы с эрозией почв

Валоканавы успешно применяют в борьбе с эрозией почв. На территории Республики Казахстан эрозия почв наряду с дегумификацией почв является наиболее распространенной из всех видов деградации. Эрозия наносит большой экономический и экологический ущерб, так как угрожает существованию почвы как основного средства сельскохозяйственного производства и самостоятельного компонента биосферы [20].

Водная эрозия – наиболее масштабный и вредоносный вид деградации почв. Это связано с ее широким распространением, с глубиной и необратимостью изменений почвенного покрова. Она является одним из наиболее мощных современных рельефообразующих процессов, перемещающих огромные массы вещества в пределах хозяйственно освоенных земель, существенным источником загрязнения окружающей среды, одной из первопричин заиления малых рек и деградации агроландшафтов [21].

Согласно данным Центра наблюдений за состоянием окружающей среды (Нью-Йорк, США), при действующих темпах эрозии и обезлесения к 2030 году плодородной почвы на планете станет меньше на 950 млрд тонн, а лесов – на 460 млн га. Если в 2020 году на каждого жителя земного шара приходится в среднем по 0,27 га плодородной почвы, то к 2030 году территория уменьшится до 0,18 га. Смыв почвы с 1 га в год составляет 2-5 м³ на склонах крутизной 1-2°, а нередко и 10-20 м³, на склонах крутизной 4-6 ° – 30-40 м³, а иногда превышает 80 м³ в год. Водный поток, вызывающий эрозию, уносит с полей 50-75% талых вод, в результате чего резко уменьшается содержание влаги в почве и снижается урожай. Недобор урожая на сильно смытых весенними водами почвах достигает 60%, на менее поврежденных смывом - 30-40%. Одновременно со смывом образуются глубокие размывы, овраги, иссушающие (дренирующие) соседние с ними пахотные земли и ухудшающие условия работы транспорта, а также сельскохозяйственных машин. Кроме того, продукты выноса через овраги и балки засоряют или даже полностью заносят ценные пойменные луговые и пахотные угодья, а также заиляют реки, пруды и водохранилища. Если не применять противоэрозионные меры, эрозия развивается нарастающими темпами [22].

Задержка и распределение стока предотвращают эрозионные процессы и улучшают структуру почвы. Представлены многолетние исследования влияния противоэрозионного комплекса на черноземных почвах, состоящего из узкой двухрядной лесной полосы с канавой в междурядье и валом по нижней опушке, а также вала-террасы на сокращение весеннего стока и вынос биогенных веществ в гидрографическую сеть. В зависимости от состава противоэрозионного комплекса и агрофона высота снежного покрова и общие запасы воды в снеге всегда были выше и достигали в отдельные годы до 100% по сравнению с контролем. Сток же всегда на преобразованных водосборах был ниже и в зависимости от года и погодных условий сокращался от 26 до 78%, что приводило к сокращению смыва почвы на 58-97%. В годы отсутствия смыва почвы, вынос биогенных веществ на наиболее насыщенном противоэрозионными комплексами (лесная полоса с валом канавой плюс вал-терраса) был ниже, чем на контроле и достигал сокращения на 87%. В годы с наблюдаемым смывом почвы, вынос биогенных веществ был ниже на варианте с лесной полосой и валом-канавой и достигал сокращения на 69%, а в варианте лесная полоса с валом-канавой плюс вал-терраса всего 58% [23].

Водозадерживающие валы, построенные у вершин действующих оврагов в нижней части склона, не только приостановили дальнейший рост оврагов, но практически задерживают весь сток талых вод с водосборов образовавшимся прудком возле вала и превращают его во внутрпочвенную влагу. Одновременно у прудка накапливается мелкозем, смытый с прилегающего водосбора [24].

Использование валоканав для повышения урожайности

Противоэрозионные комплексы на склоновых землях в виде лесных полос и валов-террас обеспечивают повышение урожайности озимой пшеницы и ячменя на 0,38-0,73 т/га, многолетних трав - на 4,50 т/га, гороха посевного - на 0,32-0,45 т/га и гречихи на 0,14-0,44 т/га в сравнении с участками без противоэрозионных элементов. Наиболее высокий эффект роста урожайности сельскохозяйственных культур под влиянием лесных полос и валов-террас отмечается в годы с недостаточной обеспеченностью посевов осадками в период вегетации [25].

Проектные параметры простейшего гидротехнического сооружения канава-вал, которые использовались при расчёте объёма и массы наносов, составляют: глубина канавы 0,6 м, ширина канавы по верху 1,5 м, по дну 0,5 м, коэффициент заложения откосов около 1:1, высота вала по гребню 0,6 м, водоёмкость самой канавы около 0,5 м³/пог.-м плюс вала с учётом затопления перед валом – 1,5 м³/пог.-м, всего объём составляет около 2 м³/пог.-м. Мелиоративное защитное лесное насаждение длиной 100 м может задержать разовый поверхностный жидкий сток со стоком наносов

объемом до 200 м^3 . Исследования созданного комплекса из простейших противоэрозионных гидротехнических сооружений канава-вал в междурядье мелиоративных защитных лесных насаждений показали, что они способны снизить эрозию почвы и аккумулировать наносы в канаве и перед валом в объеме $0,84 \text{ т/пог.-м}$ при уклоне $2-3^\circ$ и до $1,74 \text{ т/пог.-м}$ при уклонах $5-6^\circ$. Схема общего вида насаждений и канавы-вала приводится на рисунке 1. Поперечный профиль сооружения канава-вал в МЗЛН с проектными параметрами приведён на рисунке 2 [26].

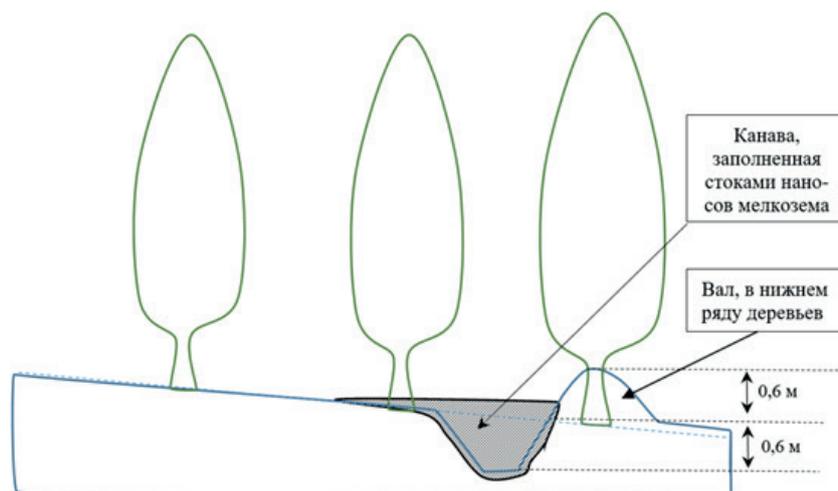


Рисунок 1 – Общий вид мелиоративного защитного лесного насаждения с устройством простейшего гидротехнического сооружения канава-вал [26]

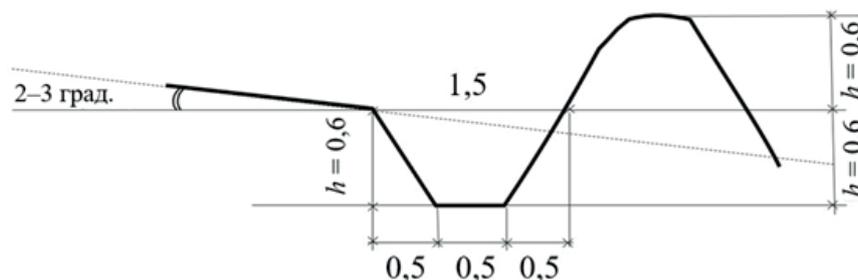


Рисунок 2 – Поперечное сечение противоэрозионного сооружения канава-вал [26]
Применение: ГИС-технологии для проектирования и оптимизации валоканав

Развитие компьютерных технологий и широкий доступ к использованию систем глобального позиционирования и географических информационных систем привели к появлению новой концепции, получившей название «точное земледелие», или «координатное земледелие». Геоинформационные технологии – совокупность приёмов, способов и методов применения программно-технических средств обработки и передачи информации, позволяющих реализовать функциональные возможности геоинформационных систем. Такие технологии объединяют в себе методы дистанционного зондирования земли (ДЗЗ), системы управления базами данных (СУБД), системы глобального позиционирования (GPS), методы анализа и дешифрирования геоинформации, интернет-технологии, системы картографирования, методы цифровой обработки изображений. Они применяются для составления тематических карт хозяйства: карты использования земель, уклонов и экспозиций склонов, типов и характеристик почв, агрохимических данных, текущего состояния растений, урожайности и др. [27].

Представляется целесообразным применение ГИС-технологий для обеспечения оперативного возведения валоканав, так как современные геоинформационные системы позволяют не только значительно сократить время проектирования и строительства, но и расширить масштабы их внедрения. С помощью географических информационных систем (ГИС) можно быстро анализировать топографические данные, определять оптимальные участки для устройства

валоканав, прогнозировать эффективность их применения и координировать работы. Это открывает широкий простор для массового внедрения технологии валоканав, что способствует повышению эффективности мероприятий по управлению водными ресурсами и улучшению состояния земельных угодий в кратчайшие сроки.

На сегодняшний день ГИС используют только на этапе графического отображения проекта, что не в полной степени раскрывает их потенциал. Использование ГИС для проектирования лесополос позволяет довольно точно рассчитывать их местоположение с учётом характеристик стока и рельефа, а также значительно сокращает продолжительность проектирования.

В качестве расчётной основы для проектирования лесополос и гидротехнических сооружений в среде ГИС была взята методика, разработанная для условий Центрально-Чернозёмного экономического района, согласно которой для расчёта стока можно применять следующую формулу:

$$W_B = h \cdot \Pi \cdot K_{\text{Э}} \cdot P \cdot K_{\text{с}}, \quad (1)$$

где W_B – весенний сток, мм; h – зональный средний многолетний сток талых вод с зяби или уплотнённой пашни, мм; Π – поправка на тип (подтип) почвы; $K_{\text{Э}}$ – коэффициент, характеризующий влияние на сток степени эродированности почв (не смытые и слабосмытые – 0,94, среднесмытые – 1,0, сильносмытые – 1,1); Э – коэффициент, учитывающий воздействие на талый сток экспозиции склона (северная – 1,25; южная – 0,75; северо-западная и северо-восточная – 1,12; юго-западная и юго-восточная – 0,88; западная и восточная – 1,0); P – ордината кривой обеспеченности для перехода от среднего многолетнего стока, снятого с карт, к стоку 10% обеспеченностью (под обеспеченностью стока воды или смыва почв понимается их повторяемость на протяжении определенного периода, которая выражается в процентах от рассматриваемого числа лет, так, 10% обеспеченность означает, что этот или больший сток или смыв может наблюдаться 1 раз в 10 лет); $K_{\text{с}}$ – коэффициент снижения стока применяемыми почвозащитными агротехническими или гидромелиоративными приёмами.

Возможности ГИС позволяют, используя эту зависимость, перейти от слоя стока в миллиметрах к кумулятивному объёму стока в кубических метрах и рассчитывать его для водосбора в целом. На основе грида объёма стока (разновидность растровой карты с числовыми значениями кумулятивного объёма стока, присвоенными каждой ее ячейке – пикселю), построенного в ГИС автоматически, с учётом цифровой модели рельефа, и грида длин линий стока можно проектировать лесные полосы. При изменении положения насаждения на рельефе, в среде ГИС автоматически изменяется величина объёма стока в межполосном пространстве на пашне, что позволяет определять наиболее эффективные с точки зрения стока и смыва почвы расстояния между насаждениями. Исходя из величин объёма стока, длины склона и других показателей, принимаемых в расчётах, лесополоса может быть одна или несколько [28].

Влияние на микроклимат

Создание почвозащитных лесных полос и агролесомелиоративных комплексов в сочетании с валоканавами играет ключевую роль в формировании благоприятного микроклимата на сельскохозяйственных территориях. Валоканавы редко применяются самостоятельно, выступая питающей основой для лесополос, и их синергетическое взаимодействие значительно усиливает задержку влаги, уменьшает эрозию почв и способствует улучшению агрофизических и агрохимических свойств.

Наиболее эффективен, с позиции снижения смыва почв, лесомелиоративный вариант противозероэрозийной организации территории. На первый взгляд он наиболее затратный, так как предполагает посадку двух узких двухрядных лесных полос с валом по нижней опушке и канавой в междурядье по контуру горизонталей рельефа, перпендикулярно линиям стока (такое расположение лесополос в рельефе наиболее эффективно с точки зрения минимизации проявления эрозионно-гидрологических процессов). Однако благодаря снижению среднемноголетнего смыва почв на 70%, сокращению энергоёмких агроприёмов, а также равномерному перераспределению снежного покрова и переводу поверхностного стока во внутрипочвенный увеличивается урожайность зерновых культур [29].

По СП 100.13330.2016 мелиоративная система – это комплекс взаимосвязанных гидротехнических и других сооружений и устройств, включая земельные участки в границах полосы отвода мелиоративной системы или гидротехнического сооружения (ГТС), обеспечивающих создание благоприятного водного, воздушного и теплового режимов почв и микроклимата на мелиорированных землях [30].

Опыт в области агролесомелиорации наглядно доказал, что создание системы защитных лесных насаждений в комплексе с другими средо- и почвоулучшающими приёмами в открытой степи оказывает благотворное влияние на окружающую среду, оптимизирует агрофизические и агрохимические свойства почвы, обеспечивает большее, чем в открытой степи, накопление остаточной биомассы сельскохозяйственных культур, способствует повышению биоценотического потенциала. Как показывают исследования, защитные лесные полосы существенно улучшают микроклимат. Данные за 130 лет показывают, что на полях, защищённых лесными полосами, оптимизируется сезонный уровень грунтовых вод, на 30-35 % снижается скорость ветра и на 25-30% накапливается больше снега, что препятствует сильному промерзанию почвы и интенсивному снеготаянию [31].

Влияние почвозащитного агролесоландшафтного комплекса на повышение продуктивности сельскохозяйственных культур можно объяснить формированием благоприятного микроклимата для роста и развития растений в межполосном пространстве, а также поступлением побочной продукции в почву, которая служит основным источником пополнения ее углеродных запасов. Наибольшие различия по вариантам водосбора наблюдали при возделывании гречихи - 12,8% (или 2,21 ц/га относительно контроля) [32].

Регуляторами самоорганизации надсистемы агролесомелиорации в земледельческих регионах служит соотношение пашни, сенокосов и пастбищ, лесов и открытой водной поверхности. На это в своё время указывал *В.В. Докучаев* [33]. Регуляторы самоорганизации надсистемы агролесомелиорации. Пашня дестабилизирует самоорганизацию мелиоративной надсистемы, а сенокосы, пастбища и леса – стабилизируют. Открытая водная поверхность влияет на самоорганизацию надсистемы за счёт внутреннего влагооборота агроландшафтов, повышения относительной влажности воздуха с изменениями других характеристик микроклимата и динамики запасов грунтовых вод [34].

Необходима разработка систем адаптивно-ландшафтного агролесомелиоративного обустройства пахотных земель. Лесомелиоративные мероприятия по защите почвы от ветровой и водной эрозии и улучшению микроклимата предусматривает создание системы лесных насаждений. Под системой защитных лесных насаждений подразумевается совокупность взаимосвязанных своим влиянием на прилегающее пространство лесных полос и небольших массивов, целесообразно размещённых по территории землепользования или землевладения с учётом рельефа местности и состояния почвенного покрова [35].

Заключение

Обзор показывает, что валоканавы являются не только исторически значимым, но и современным инструментом управления водными ресурсами. Их эффективность и универсальность подтверждены многолетним опытом применения, а также современными исследованиями.

Валоканавы, благодаря своей простоте и экономической доступности, играют ключевую роль в решении проблем деградации земель, водной эрозии, засух и наводнений, особенно в регионах с нестабильным водным режимом, таких как Казахстан.

Исторически использование валоканав началось ещё в эпоху неолитической революции, когда они служили для сохранения паводковых вод и повышения урожайности. Сегодня их значение выходит за рамки сельского хозяйства, распространяясь на такие области, как ландшафтный дизайн, восстановление экосистем и пермакультура.

Современные концепции, такие как *Keyline Design П.А. Йомана* и подходы пермакультуры *Б. Моллисона* и *Д. Холмгрена*, свидетельствуют о высокой универсальности и эффективности валоканав. Особое внимание заслуживает их сочетание с лесополосами, что обеспечивает синергетический эффект, многократно усиливая их функциональность.

Геоинформационные системы (ГИС) открывают новые горизонты в проектировании и управлении валоканавами, позволяя выбирать оптимальные участки для их размещения, прогнозировать эффективность систем и значительно снижать затраты времени и ресурсов. Это подчеркивает важность дальнейшего изучения интеграции ГИС в практики управления водными ресурсами, особенно в условиях климатических изменений и роста потребностей сельского хозяйства.

В перспективе представляется целесообразной разработка инновационной системы для создания гидротехнических сооружений, предназначенной для оптимизации использования влаги атмосферных осадков в сельском хозяйстве и других сферах. Основная идея заключается в применении искусственного интеллекта (ИИ), который с использованием данных ГИС автоматизирует проектирование валоканав, лесополос, дамб и прудов. Система также автоматизирует земляные работы, оснащая землеройную технику курсоуказателями, которые обеспечивают точное создание валоканав по заданным изогипсам, дамб и прудов по их 3D моделям. Предлагаемая система открывает новые горизонты для устойчивого управления водными ресурсами и развития сельского хозяйства в Казахстане и за его пределами.

Применение ГИС-технологий и ИИ увеличивает точность и эффективность реализации водосберегающих проектов, сокращает затраты и обеспечивает возможность создания высокопродуктивных сельскохозяйственных площадей под ключ.

Дальнейшие исследования позволят усовершенствовать методики проектирования и внедрения валоканав и сопряженных гидротехнических сооружений, обеспечив их более широкое и эффективное применение в различных ландшафтах и климатических условиях.

Вклад авторов

АБ: концептуализировал и оформил исследование, провёл всесторонний поиск литературы, проанализировали собранные данные и подготовили рукопись. АЖ и НМ: провели окончательную редакцию и вычитку рукописи. Все авторы прочитали, просмотрели и одобрили окончательную редакцию рукописи.

Информация о финансировании

Работа выполнена за счёт собственных средств в рамках участия в конкурсе на грантовое финансирование по научным и (или) научно-техническим проектам на 2025-2027 годы (Министерство науки и высшего образования Республики Казахстан) по проекту AP26100353 «Цифровая трансформация противоэрозионных практик: от анализа данных к реализации решений».

Список литературы

- 1 Алимкулов, СК, Турсунова, АА, Сапарова, АА. (2021). Ресурсы речного стока Казахстана в условиях будущих климатических и антропогенных изменений. *Гидрометеорология и экология*, 1, 59-71.
- 2 Терехов, АГ, Абаев, НН, Тиллякарим, ТА, Серикбай, НТ. (2023). О взаимосвязи между количеством снега и объёмом весеннего половодья в Северном Казахстане. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*, 20(1), 323-328.
- 3 Кожухметов, ПЖ, Кожухметова, ЭП. (2016). Экстремальные метеорологические явления в Казахстане в условиях глобального потепления климата. *Гидрометеорология и экология*, 2, 7-19.
- 4 Рамазанова, НЕ, Жусупова, С. (2015). К вопросу прогнозирования наводнений в бассейне реки. *Приволжский научный вестник*, 4-2(44), 103-105.
- 5 Лисицина, ГН. (1965). *Орошаемое земледелие энеолита на юге Туркмении*. Наука. М.: 169.
- 6 Permaculture Fandom. (n.d.). *Валоканавы*. Permaculture Fandom Wiki. (2024).

- 7 Петелько, АИ, Новиков, НЕ. (2016). Противоэрозионные гидротехнические сооружения и устройства. *Вестник АПК Ставрополя, Экология*, 2(22), 242-245.
- 8 Yeomans, PA. (1954). *The Keyline Plan*. Soil and Health Library. (2024).
- 9 Mollison, B., Holmgren, D. (1981). *Permaculture One. A Perennial Agriculture for Human Settlements*. Published by Charles Corlet.
- 10 Permaculture Research Institute. (n.d.). *Permaculture News*. (2024).
- 11 Shepard, M. (2013). *Restoration agriculture*. Austin, TX, ACRES, 330.
- 12 Хольцер, З. (2012). *Пустыня или рай*. К.: Издательский дом «Зерно», 344.
- 13 Гостищев, ВД. (2011). Развитие систем лиманного орошения и возможности их технического совершенствования. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса, Агрпромышленная инженерия*, 2(22), 1-6.
- 14 Апажев, АК, Бакуев ЖХ, Шекихачев, ЮА, Хажметов ЛМ. (2024). Технологическое и техническое обеспечение противоэрозионного обустройства территории в предгорных и горных садовых агроландшафтах. *Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова*, 1(43), 78-87. DOI: 10.55196/2411-3492-2024-1-43-78-87.
- 15 Панов, ВИ. (2021). Ландшафтный гидромелиоративно-гидротехнический кластер в ландшафтно-синергетическом агроэкологическом природопользовании степного засушливого пояса России. *Научно-агрономический журнал*, 1(112), 6-18. DOI: 10.34736/FNC.2021.112.1.001.6-18.
- 16 Барабанов, АТ. (2023). Обоснование роли и места стокорегулирующих мероприятий в борьбе с деградацией почв и опустыниванием земель. *Известия НВ АУК*, 1(69), 36-46. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-03.
- 17 Барабанов, АТ. (2018). Научные основы противоэрозионной мелиорации. *Известия НВ АУК: наука и высшее профессиональное образование*, 2(50), 23-30.
- 18 Полуэктов, ЕВ, Рощина, ЖВ. (2020). Мониторинг биоинженерного сооружения по регулированию стока талых вод. *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*, 2(38). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-2-56-70.
- 19 Вольнов, ВВ, Бойко, АВ, Чичкарев, АС. (2017). Опыт использования противоэрозионных гидротехнических сооружений в борьбе со стоком талых вод и смывом пахотных почв на склоновых землях Алтайского края. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*, 6(152), 42-48.
- 20 Маулен, ЖЕ. (2022). Анализ эрозии сельскохозяйственных угодий в республике Казахстан. *The Scientific Heritage*, 87-1, 16-20.
- 21 Манаенков, АС, Корнеева, ЕА. (2015). Капиталоемкость противоэрозионного обустройства пашни на склоновых землях европейской территории России (ЕТР). *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса, Агрпромышленная инженерия*, 3(39), 65-68.
- 22 Сучков, ДК. (2020). Противоэрозионные насаждения и мероприятия на смытых и размываемых почвах. *Научно-агрономический журнал*, 2(109), 56-61. DOI:10.34736/FNC.2020.109.2.009.56-61.
- 23 Подлесных, ИВ, Зарудная, ТЯ. (2019). Оценка влияния противоэрозионных комплексов для сокращения выноса из агроландшафтов биогенных веществ с весенним стоком. *Агрохимический вестник*, 4, 24-28. DOI:10.24411/0235-2516-2019-10053.
- 24 Карпович, КИ. (2012). Противоэрозионный комплекс на ландшафтной основе в техногенно нарушенных территориях. *Ульяновский медико-биологический журнал*, 1, 114-118.
- 25 Тарасов, СА, Зарудная, ТЯ, Подлесных, ИВ. (2021). Оценка влияния противоэрозионных комплексов на урожайность сельскохозяйственных культур, возделываемых на склонах. *Международный сельскохозяйственный журнал*, 4, 59-63. DOI: 10.24412/2587-6740-2021-4-59-63.
- 26 Балакай, ГТ, Полуэктов, ЕВ. (2024). Аккумуляция наносов мелкозема гидротехническим сооружением канава-вал в условиях Ростовской области. *Мелиорация и гидротехника*, 14(3), 80-99. DOI: 10.31774/2712-9357-2024-14-3-80-99.

27 Федоренко, ВФ, Мишуров, НП, Буклагин, ДС, Гольтяпин, ВЯ, Голубев, ИГ. (2019). *Цифровое сельское хозяйство: состояние и перспективы развития*. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 316.

28 Подлесных, ИВ, Зарудная, ТЯ, Соловьева, ЮА. (2019). Новый подход к методологии проектирования лесогидромелиоративного комплекса в условиях ЦЧР. *Достижения науки и техники АПК*, 33(11), 14-17. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11103.

29 Соловьева, ЮА, Подлесных ИВ, Зарудная ТЯ. (2019). Усовершенствованная методика противоэрозионной организации территории для сельскохозяйственных угодий Центрального Черноземья. *Достижения науки и техники АПК*, 33(9), 5-9. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10901.

30 Ивонин, ВМ. (2022). Мелиоративные системы: основы общей теории. *Мелиорация и гидротехника*, 12(1), 119-140.

31 Турусов, ВИ, Коновалова, ЕЯ. (2024). Реализация идей В.В. Докучаева в государственном плане преобразования природы. *Плодородие*, 3(138), 92-95. DOI: 10.24412/1994-8603-2024-3138-92-95.

32 Подлесных, ИВ, Тарасов, СА, Рубаник, ЮО. (2023). Динамика органического углерода почвы в пахотном слое и продуктивность культур почвозащитного агролесоландшафтного комплекса в ЦЧР. *Земледелие*, 5, 37-41. DOI: 10.24412/0044-3913-2023-5-37-41.

33 Докучаев, ВВ. (1953). *Наши степи прежде и теперь: почвовед. очерк*. Сельскохозяйственная литература, 87.

34 Ивонин, ВМ. (2023). Синергетика систем агролесомелиорации. Региональные геосистемы, 47(1), 62-75.

35 Абдуганиев, ОИ, Косимов, ДБ. (2023). Роль защитных лесных насаждений в экологической стабилизации агроландшафтов. *Science and innovation*, 2(6), 422-428. DOI: 10.5281/zenodo.8002502.

References

1 Alimkulov, SK, Tursunova, AA, Saparova, AA. (2021). Resursy rechnogo stoka Kazahstana v usloviyah budushchih klimaticheskikh i antropogennykh izmenenii. *Gidrometeorologiya i ekologiya*, 1, 59-71. [in Russ].

2 Terekhov, AG, Abaev, NN, Tillyakarim, TA, Serikbai, NT. (2023). O vzaimosvyazi mezhdu kolichestvom snega i ob'yomom vesennego polovod'ya v Severnom Kazahstane. *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 20(1), 323-328. [in Russ].

3 Kozhahmetov, PZH, Kozhahmetova, EP. (2016). Ekstremal'nye meteorologicheskie yavleniya v Kazahstane v usloviyah global'nogo potepeniya klimata. *Gidrometeorologiya i ekologiya*, 2, 7-19. [in Russ].

4 Ramazanova, NE, ZHusupova, S. (2015). K voprosu prognozirovaniya navodnenii v bassejne reki. *Privolzhskii nauchnyi vestnik*, 4-2(44), 103-105. [in Russ].

5 Lisicina, GN. (1965). *Oroshaemoe zemledelie eneolita na yuge Turkmenii*. Nauka, M.:169. [in Russ].

6 Permaculture Fandom. (n.d.). Valokanavy. *Permaculture Fandom Wiki*.

7 Petel'ko, AI, Novikov, NE. (2016). Protivoerozionnye gidrotekhnicheskie sooruzheniya i ustroistva. *Vestnik APK Stavropol'ya, Ekologiya*, 2(22), 242-245. [in Russ].

8 Yeomans, PA. (1954). The Keyline Plan. *Soil and Health Library*. Retrieved November 26, 2024.

9 Mollison, B., Holmgren, D. (1981). *Permaculture One. A Perennial Agriculture for Human Settlements. Published by Charles Corlet*.

10 Permaculture Research Institute. (n.d.). *Permaculture News*. (2024).

11 Shepard, M. (2013). *Restoration agriculture*. Austin, TX, ACRES, 330.

12 Hol'cer, Z. (2012). *Pustynya ili rai*. K.: Izdatel'skii dom «Zerno», 344. [in Russ].

13 Gostishchev, VD. (2011). Razvitie sistem limannogo orosheniya i vozmozhnosti ih tekhnicheskogo sovershenstvovaniya. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa, Agropromyshlennaya inzheneriya*, 2(22), 1-6. [in Russ].

14 Apazhev, AK, Bakuev ZHKH, SHekihachev, YUA, Hazhmetov LM. (2024). Tekhnologicheskoe i tekhnicheskoe obespechenie protiverozionnogo obustrojstva territorii v predgornyh i gornyh sadovyh agrolandshaftah. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V.M. Kokova*, 1(43), 78-87. DOI: 10.55196/2411-3492-2024-1-43-78-87. [in Russ].

15 Panov, VI. (2021). Landshaftnyj gidromeliorativno-gidrotekhnicheskij klaster v landshaftno-sinergeticheskom agroekologicheskom prirodopol'zovanii stepnogo zasushlivogo poyasa Rossii. *Nauchno-agronomicheskii zhurnal*, 1(112), 6-18. DOI: 10.34736/FNC.2021.112.1.001.6-18. [in Russ].

16 Barabanov, AT. (2023). Obosnovanie roli i mesta stokoreguliruyushchih meropriyatij v bor'be s degradaciej pochv i opustynivaniem zemel'. *Izvestiya NV AUK*, 1(69), 36-46. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-03. [in Russ].

17 Barabanov, AT. (2018). Nauchnye osnovy protiverozionnoi melioracii. *Izvestiya NV AUK: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, 2(50), 23-30. [in Russ].

18 Poluektov, EV, Roshchina, ZHV. (2020). Monitoring bioinzhenernogo sooruzheniya po regulirovaniyu stoka talyh vod. *Nauchnyi zhurnal Rossiiskogo NII problem melioracii*, 2(38). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-2-56-70. [in Russ].

19 Vol'nov, VV, Bojko, AV, CHichkarev, AS. (2017). Opyt ispol'zovaniya protiverozionnyh gidrotekhnicheskikh sooruzhenij v bor'be so stokom talyh vod i smyvom pahotnyh pochv na sklonovyh zemlyah Altajskogo kraja. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 6(152), 42-48. [in Russ].

20 Maulen, ZHE. (2022). Analiz erozii sel'skohozyajstvennyh ugodii v respublike Kazahstan. *The Scientific Heritage*, 87-1, 16-20. [in Russ].

21 Manaenkov, AS, Korneeva, EA. (2015). Kapitaloemkost' protiverozionnogo obustrojstva pashni na sklonovyh zemlyah evropejskoi territorii Rossii (ETR). *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa, Agropromyshlennaya inzheneriya*, 3(39), 65-68. [in Russ].

22 Suchkov, DK. (2020). Protiverozionnye nasazhdeniya i meropriyatija na smytyh i razmytyh pochvah. *Nauchno-agronomicheskii zhurnal*, 2(109), 56-61. DOI:10.34736/FNC.2020.109.2.009.56-61. [in Russ].

23 Podlesnyh, IV, Zarudnaya, TYA. (2019). Ocenka vliyaniya protiverozionnyh kompleksov dlya sokrashcheniya vynosa iz agrolandshaftov biogennyh veshchestv s vesennim stokom. *Agrohimicheskii vestnik*, 4, 24-28. DOI:10.24411/0235-2516-2019-10053. [in Russ].

24 Karpovich, KI. (2012). Protiverozionnyj kompleks na landshaftnoi osnove v tekhnogenno narushennyh territoriyah. *Ul'yanovskii mediko-biologicheskii zhurnal*, 1, 114-118. [in Russ].

25 Tarasov, SA, Zarudnaya, TYA, Podlesnyh, IV. (2021). Ocenka vliyaniya protiverozionnyh kompleksov na urozhajnost' sel'skohozyajstvennyh kul'tur, vozdeleyvaemyh na sklonah. *Mezhdunarodnyi sel'skohozyajstvennyj zhurnal*, 4, 59-63. DOI: 10.24412/2587-6740-2021-4-59-63. [in Russ].

26 Balakai, GT, Poluektov, EV. (2024). Akkumulyaciya nanosov melkozema gidrotekhnicheskim sooruzheniem kanava-val v usloviyah rostovskoj oblasti. *Melioraciya i gidrotekhnika*, 14(3), 80-99. DOI: 10.31774/2712-9357-2024-14-3-80-99. [in Russ].

27 Fedorenko, VF, Mishurov, NP, Buklagin, DS, Gol'tyapin, VYA, Golubev, IG. (2019). Cifrovoe sel'skoe hozyajstvo: sostoyanie i perspektivy razvitiya. FGBNU «Rosinformagrotekh», 316. [in Russ].

28 Podlesnyh, IV, Zarudnaya, TYA, Solov'eva, YUA. (2019). Novyi podhod k metodologii proektirovaniya lesogidromeliorativnogo kompleksa v usloviyah CCHR. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 33(11), 14-17. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11103. [in Russ].

29 Solov'eva, YUA, Podlesnyh IV, Zarudnaya TYA. (2019). Uovershenstvovannaya metodika protiverozionnoi organizacii territorii dlya sel'skohozyajstvennyh ugodii Central'nogo Chernozem'ya. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 33(9), 5-9. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10901. [in Russ].

30 Ivonin, VM. (2022). Meliorativnye sistemy: osnovy obshchei teorii. *Melioraciya i gidrotekhnika*, 12(1), 119-140. [in Russ].

31 Turusov, VI, Konovalova, EYA. (2024). Realizaciya idei V.V. Dokuchaeva v gosudarstvennom plane preobrazovaniya prirody. *Plodorodie*, 3(138), 92-95. DOI: 10.24412/1994-8603-2024-3138-92-95. [in Russ].

32 Podlesnyh, IV, Tarasov, SA, Rubanik, YUO. (2023). Dinamika organicheskogo ugleroda pochvy v pahotnom sloe i produktivnost' kul'tur pochvozashchitnogo agrolesolandshaftnogo kompleksa v CCHR. *Zemledelie*, 5, 37-41. DOI: 10.24412/0044-3913-2023-5-37-41. [in Russ].

33 Dokuchaev, VV. (1953). *Nashi stepi prezhde i teper': pochvoved. ocherk*. Sel'skohozyastvennaya literatura, 87. [in Russ].

34 Ivonin, VM. (2023). Sinergetika sistem agrolesomelioracii. *Regional'nye geosistemy*, 47(1), 62-75. [in Russ].

35 Abduganiev, OI, Kosimov, DB. (2023). Rol' zashchitnyh lesnyh nasazhdenii v ekologicheskoi stabilizacii agrolandshaftov. *Science and innovation*, 2(6), 422-428. DOI: 10.5281/zenodo.8002502. [in Russ].

Ауыл шаруашылығындағы жанартаулардың рөлі: мелиорация, эрозиямен күресу және ылғалды сақтау

Айкешев Б.М., Айнақұлов Ж.Ж., Нурушев М.Ж.

Түйін

Мақала валоканавтарды (swales) зерттеу мен қолдануға арналған – бұл су ресурстарын басқаруға және топырақ эрозиясын болдырмауға бағытталған қарапайым гидротехникалық құрылыстар. Неолит дәуіріндегі төңкеріс кезеңінен бастап, су тасқынын ұстап қалуға арналған шағын біліктер қолданылған кезден бастап, осы технологияның тарихи түп-тамыры қарастырылады. Мақалада валоканавтардың қолданылуының эволюциясы, ежелгі лимандық жүйелерден қазіргі пермакультура дизайнына дейінгі кезеңдер талданған және су ресурстарын басқарудағы олардың артықшылықтары сипатталады.

Валоканавтар – бұл жер бедерінің контурлық сызықтарымен бойлай орналастырылған тайыз орлар, олар жер үстіндегі суды ұстап қалып, оны топыраққа біртіндеп сіңіруге қызмет етеді. Олар су эрозиясын болдырмайды, ылғалды жинауға ықпал етеді, су сіңімділігін жақсартады және агроэкожүйелердің өнімділігін арттырады. Автор Қазақстанда олардың ерекше маңыздылығын атап өтеді, себебі жиі болатын құрғақшылық пен су тасқындары тиімді эрозияға қарсы шараларды талап етеді.

Валоканавтарды қазіргі кезде пермакультура концепцияларында қолдану да қарастырылған. Мақалада П.А. Йоманс пен Б. Моллисон сияқты пермакультураның негізгі тұлғаларының валоканавтарды танымал етіп, оларды тұрақты экожүйе басқару қағидаттарына біріктірудегі рөлі ерекше атап өтілген. Су ресурстарын басқару іс-шараларының тиімділігін арттыратын валоканавтарды жоспарлау және енгізуді оңтайландыруға мүмкіндік беретін ҒАЖ технологияларын қолдануға ерекше назар аударылады.

Кілт сөздер: Валоканавалар; су эрозиясы; ағын су; су алабы; ҒАЖ технологиялары; пермакультура дизайны.

The role of swales in agriculture: land reclamation, erosion control and moisture conservation

Bolat. M. Aikeshev, Zharas Zh. Ainakulov, Murat Zh. Nuryshv

Abstract

The article explores the study and application of swales - the simplest hydraulic structures designed to manage water resources and prevent soil erosion. The historical roots of this technology are considered, beginning with the Neolithic Revolution, when small swales were used to retain floodwaters. The article analyzes the evolution of the use of swales, starting from ancient estuary systems to modern permaculture design, and describes their advantages in water management.

Swales are shallow ditches placed along contour lines to slow down and facilitate the infiltration of surface water into the soil. They prevent water erosion, promote moisture accumulation, improve water absorption and enhance the productivity of agroecosystems. The authors highlight their special significance in Kazakhstan, where frequent droughts and floods require effective anti-erosion measures.

The modern use of windrows is also presented in the context of permaculture concepts. The article emphasizes the role of key figures in permaculture, such as *P.A. Yeomans* and *B. Mollison*, in popularizing windrows and integrating them into the principles of sustainable ecosystem management. Particular attention is paid to the use of GIS technologies in optimizing the planning and implementation of windrows, thereby increasing the efficiency of water management measures.

Keywords: swales; water erosion; runoff; catchment area; GIS technologies; permaculture design.