

Научная статья

УДК 631.61:556.18

DOI: 10.26897/1997-6011-2023-3-38-44



## ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ С РЕГУЛИРОВАНИЕМ УРОВНЯ УВЛАЖНЕННОСТИ ПОЧВЫ

**Северюгина Надежда Савельевна**<sup>1</sup>✉, д-р техн. наук, доцент

AuthorID: 144506; <https://orcid.org/0000-0002-3494-1437>; [sevruginans@rgau-msha.ru](mailto:sevruginans@rgau-msha.ru)

**Апатенко Алексей Сергеевич**<sup>1</sup>, д-р техн. наук, доцент

AuthorID: 261571; <https://orcid.org/0000-0002-2492-9274>; [a.apatenko@rgau-msha.ru](mailto:a.apatenko@rgau-msha.ru)

**Голубев Иван Григорьевич**<sup>2</sup>, д-р техн. наук, профессор, заведующий отделом

AuthorID: 299734; <https://orcid.org/0000-0002-3754-0380>; [golubev@rosinformagrotech.ru](mailto:golubev@rosinformagrotech.ru)

**Густов Юрий Иванович**<sup>3</sup>, д-р техн. наук, профессор

AuthorID: 306939; <https://orcid.org/0000-0002-1552-7791>; [GustovUI@mgsu.ru](mailto:GustovUI@mgsu.ru)

**Фомин Александр Юрьевич**<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент

AuthorID: 804021; <https://orcid.org/0000-0001-8333-9015>; [sachafomin@mail.ru](mailto:sachafomin@mail.ru)

<sup>1</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, 14/7, Россия

<sup>2</sup> Росинформагротех; 141261, Московская область, Пушкинский р-н, р.п. Правдинский, ул. Лесная, 60, Россия

<sup>3</sup> НИУ МГСУ; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, Россия

**Аннотация.** Дана оценка технологической реализуемости задач вовлечения залежных земель в сельскохозяйственный оборот и повышения плодородности сельскохозяйственных угодий на долгосрочном периоде ведения хозяйственной деятельности. Выявлена недостаточная информативность использования карт урожайности для оценки плодородности полей. Предлагается использовать карты рельефа полей, которые позволят установить динамику нарушения водно-воздушного режима почвы. Обосновано, что в процессе вовлечения в оборот залежных земель требуется ввести технологическую операцию микротопографического анализа степени увлажненности почвы. Разработан алгоритм включения операции выравнивания полей (поверхностная планировка плоскости поля) с использованием современных систем позиционирования. Выявлено, что выравнивание поля с лазерным нивелиром позволило снизить на 20% колебания урожайности в пределах возделываемой площади поля и увеличить урожайность на 25-30% (пример – засев кукурузы). Установлены недостатки точности позиционирования с применением лазерного и спутникового позиционирования. Предлагается перевести модули передачи цифровой информации в сетевые кластеры с выбором наилучшего канала передачи цифровых данных путем включения модуля бесперебойного позиционирования с цифровой передачей данных по радиоканалу 434 МГц и 864 МГц с радиусом действия до 600 м на другие модули передачи цифровой информации позиционирования машины. Представлен план реализации концепции формирования цифрового поля на базе полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева с целью создания фронта устойчивого развития технологий замкнутого жизненного цикла путем внедрения инноваций, использующих мультипликативное взаимодействие мехатронных систем и телематики для техники обеспечения АПК.

**Ключевые слова:** залежные земли, рекультивация, технологии, техника, поле, рельеф, почва, профилирование, влажность

**Формат цитирования:** Северюгина Н.С., Апатенко А.С., Голубев И.Г., Густов Ю.И., Фомин А.Ю. Технологии и технические средства рекультивации залежных земель с регулированием уровня увлажненности почвы // Природообустройство. 2023. № 3. С. 38-44. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-3-38-44.

© Северюгина Н.С., Апатенко А.С., Голубев И.Г., Густов Ю.И., Фомин А.Ю., 2023

Scientific article

## TECHNOLOGIES AND TECHNICAL MEANS OF RECLAMATION OF FALLOW LANDS WITH REGULATION OF THE LEVEL OF SOIL MOISTURE

**Sevryugina Nadezhda Savelyevna**<sup>1✉</sup>, doctor of engineering sciences, associate professor

AuthorID: 144506; <https://orcid.org/0000-0002-3494-1437>; sevryuginans@rgau-msha.ru

**Apatenko Aleksey Sergeevich**<sup>1</sup>, doctor of engineering sciences, associate professor

AuthorID: 261571; <https://orcid.org/0000-0002-2492-9274>; a.apatenko@rgau-msha.ru

**Golubev Ivan Grigorievich**<sup>2</sup>, doctor of engineering sciences, professor, head of the department

AuthorID: 299734; <https://orcid.org/0000-0002-3754-0380>; golubev@rosinformagrotech.ru

**Gustov Yury Ivanovich**<sup>3</sup>, doctor of Engineering sciences, professor

AuthorID: 306939; <https://orcid.org/0000-0002-1552-7791>; GustovUI@mgau.ru

**Fomin Alexander Yurievich**<sup>1</sup>, candidate of engineering sciences, associate professor

AuthorID: 804021; <https://orcid.org/0000-0001-8333-9015>; sachafomin@mail.ru

<sup>1</sup>Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after C.A. Timiryazev, 127434, Moscow, Pryanishnikova str, 14/7, Russia

<sup>2</sup>Rosinformagrotech, 141261, Moscow region, Pushkin district, r.p. Pravdinsky, st. Lesnaya, 60, Russia

<sup>3</sup>NIU MGSU, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, Russia

**Annotation.** An assessment of the technological feasibility of the tasks of involving fallow lands in agricultural circulation and increasing the fertility of agricultural land in the long-term period of economic activity is given. Insufficient information content of the use of yield maps for assessing the fertility of fields has been revealed. It is proposed to use maps of the relief of fields, which will allow establishing the dynamics of violation of the water-air regime of the soil. It is substantiated that in the process of involving fallow lands into circulation, it is required to introduce a technological operation of micro topographic analysis of the degree of soil moisture. An algorithm for switching on the field leveling operation (surface leveling of the field plane) using modern positioning systems has been developed. It was revealed that leveling the field with a laser level made it possible to reduce yield fluctuations by 20% within the cultivated area of the field and increase yield by 25-30% (an example of sowing corn). Shortcomings of positioning accuracy with the use of laser and satellite positioning have been established. It is proposed to transfer digital information transmission modules to network clusters with the choice of the best digital data transmission channel by including an uninterrupted positioning module with digital data transmission over a 434 MHz and 864 MHz radio channel with a range of up to 600 meters to other digital information transmission modules of the vehicle positioning. A plan for the implementation of the concept of forming a digital field on the basis of a field experimental station of the RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev, with the aim of creating a frontier for the sustainable development of closed life cycle technologies through the introduction of innovations using the multiplicative interaction of mechatronic systems and telematics for agro-industrial complex equipment.

**Keywords:** fallow lands, reclamation, technologies, equipment, field, relief, soil, profiling, humidity

**Format of citation:** Sevryugina N.S., Apatenko A.S., Golubev I.G., Gustov Yu.I., Fomin A.Yu. Technologies and technic means of reclamation of fallow lands with regulation of the level of soil moisture // Prirodoobustrojstvo. – 2023. – № 3. – P. 38-44. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-3-38-44.

**Введение.** Проблема рационального использования земельного фонда становится все более острой в силу различных обстоятельств, не позволяющих создать на постоянной основе службы сохранения земельного фонда, реализующих принцип «Не навреди», для окружающей среды в формате сохранения природной идентичности. В свою очередь, несмотря на то, что количество заброшенных земель начинает уменьшаться, низкие темпы вовлечения в оборот заброшенных земель требуют поиска новых технологических решений [1, 2].

Как отмечено в нормативной документации, нарушением земель считается техногенное воздействие, приводящее к нарушению почвенного покрова, гидрологического режима местности и прочих качественных изменений. Определение «Нарушенные земли – земли, утратившие в связи с их нарушением первоначальную хозяйственную ценность и являющиеся источником отрицательного воздействия на окружающую среду» в целом остается актуальным, но требует внесения дополнения и пояснений при рассмотрении вопроса заброшенных земель.

Прекращение техногенного воздействия на земельных участках в течение небольшого промежутка времени позволяет природе самоочиститься, конечно, при отсутствии критического техногенного воздействия, и восстановиться, создав растительный покров с адаптацией остатков техногенных следов. Все это хорошо прослеживается на заброшенных участках сельскохозяйственного назначения – так называемых залежных землях. Конечно, в тех случаях, когда территория загрязнена химическими элементами, строительными и прочими материалами, мусором, реализовать самовосстановление окружающей среде зачастую бывает крайне сложно, хотя, углубляясь в механизм данного процесса, можно сказать, что за достаточно большой промежуток времени эффект преобразования окружающей среды появляется [3, 4].

**Цель исследований:** выделение эффективных технологий рекультивации земель, подвергшихся техногенным воздействиям, в долгосрочном периоде обеспечения равномерности увлажнения путем профилирования поверхности.

**Материалы и методы исследований.** Задачей рекультивации земель в классическом формате ее решения считается «комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды в соответствии с интересами общества». Это вызывает противоречие между «интересами общества» на заданном временном периоде и перспективой долгосрочности эффективности в обеспечении качественной окружающей среды. Так, отмечается [5] влияние на обоснованность широкого ведения работ по рекультивации земель экономических и политических тенденций. Обосновывается, что независимо от долгосрочности и затратности мероприятий рекультивации земель следует перевести эти виды работ в юридическую плоскость – как отягчающий дополнительный компонент к основным видам хозяйственной деятельности.

Выделяются два этапа рекультивации земель: технический и биологический. Технический этап – это подготовительные работы по созданию условий для последующей биологической рекультивации, а точнее для восстановления плодородия почв [6].

На качество территорий также влияет рельеф, конфигурация которого может оказывать влияние на возникновение

участков как ветровой, так и водной эрозии. Причиной возникновения данных участков является, как правило, переизбыток ветровой нагрузки или воды, образующийся после дождей на уплотненных участках земли и со структурным составом, не обеспечивающим ее впитывание.

Очевидно, что рельеф залежных земель представляет собой пересеченное пространство с высоким уровнем неравномерности поверхности. В свою очередь, следует отметить, что и для находящихся в постоянном обороте сельскохозяйственных земель характерна профильная нестабильность: на них концентрируются места с сухостоем и повышенным обводнением, что хорошо прослеживается на картах аэросъемки полей.

Анализ фотосъемки показывает светлые пятна – места, подвергшиеся ветровой эрозии. Технологически эта проблема решается установкой дополнительного полива, что может вызвать на других участках поля обводнение. Потенциально обводненные участки на плоскости, хотя и характеризуются небольшими размывами, но достаточно быстро устраняются. Научно доказано, что формирование стоков воды, вызывающих эрозию почвы, увеличивается на 20% при снижении лесистости окружающей местности.

Важным фактором борьбы с водной эрозией при выполнении рекультивации земель является формирование рельефа и дорог, горизонт которых не допускал бы формирования стоковых потоков вне мест, для этого отведенных. Ими могут стать дренажные траншеи, пруды или водопоглощающие конструкции [7, 8].

**Результаты и их обсуждение.** Рекомендуются проводить работы по удалению излишек влаги 1-2 раза в год, но в этом отношении существуют некоторые проблемы.

Как следует из рисунка 1, на полях с неровным рельефом появляются участки с проплешинами по причине недостатка влаги, заполненные водой, так как почва неспособна ее впитывать.



Рис. 1. Пример переувлажнения почвы  
Fig. 1. Example of soil waterlogging

Техническими средствами насыщения почвы воздухом и удаления избытка воды являются аэраторы и скарификаторы, которые устанавливаются как дополнительное рабочее оборудование на базовую технику [9, 10].

Современные средства цифрового зондирования позволяют не просто создать карту «Поле», а выделить различные по влагопоглощению участки. Для этого в рамках реализации проекта «Цифровое поле» разработан план оценки плодородности почвы с включением, как дополнение, мониторинга зон увлажненности. Технически предлагается проведение мероприятий по обводнению участка или по его осушению проводить точечно, в зонах, выявленных аэро- видеомониторингом.

*Технология и технические средства для рекультивации земель с нивелированием рельефа поля.* При выполнении рекультивации земель, залежность которых не превышает 4-5 лет, рекомендуется для обработки применять тяжелые дисковые бороны или дисковые плуга ДПН-7 или ПНФ-5-26 с дискаторами БДМ 4\*4, или «Рубин» [9]. При этом следует учитывать, что дискование нужно проводить неоднократно с целью удаления сорной травы, задела растительной массы в почву и ее перемешивания. Число дискований в зависимости от степени задерненности может увеличиваться до 3, при этом каждая последующая обработка должна проводиться под углом 35-45° к предыдущему проходу. В дальнейшем следует провести рыхление нижних слоев почвы и подрезание корневищ, использовать рыхлители, тяжелые культиваторы или подобное орудие.

Следующим шагом после выполнения названных работ является подготовка почвы к посеву. Предлагается работы по профилированию выравнивания поверхности [10] проводить после предварительного выполнения работ по цифровой обработке поля с контролем рельефа и зон по показателям уровня увлажненности, для чего следует выполнить картографирование местности. Рельеф поля строится по уровням нивелирования неровностей, что формирует очертание сетки картографирования местности [11, 12].

Очевидно, что начальный этап работ потребует дополнительных затрат, но в долгосрочной перспективе позволит исключить неравномерность созревания посевов, повысив процент всхожести, упростить контроль полива, исключив неравномерность распределения влаги и питательных веществ и пр. Для этих целей существует планировщик, или скрепер.

Выбор вида планировщика зависит от уровня выравниваемой поверхности, но следует

уточнить, что для полей сельскохозяйственного назначения применять тяжелые скреперы, способные перемещать по 10-15 м<sup>3</sup> почвы, не рекомендуется ввиду опасности переуплотнения почвы.

В свою очередь, легкие планировщики всего лишь выравнивают поверхность. Производителями выпускаются различные модели агроскреперов, оснащенных стальными лезвиями из вольфрамовых сплавов.

Включение в комплект профилировщиков цифровых систем лазерных нивелиров, совмещенных с картами аэросъемки, позволяет создать поверхность на уровне финишной обработки.

Интересным решением является комплексная многофункциональная машина, способная за один проход выполнять сразу несколько операций: рыхлитель – предварительное рыхление; нож скрепера – срезание и распределение грунта по поверхности; лазерный нивелир – контроль профиля поверхности по горизонту выравнивания; бороны и бункер для семян – боронование и посев.

*Микротопографический анализ степени увлажненности почвы.* Рассматривая опыт различных сельскохозяйственных организаций, следует выделить разработки в области контроля влажности почвы с применением современных цифровых планировщиков полей. Так, по заявлению разработчиков системы TrimbleFieldLevel II, обеспечено расширение агрономических сроков работы в поле, повысилась эффективность применения удобрений, равномерность созревания культур и, соответственно, дополнительная прибыль (рис. 2).

По данным [7], выравнивание поля с лазерным нивелиром потребовало среза плодородного слоя почвы не более 9 см, объем перемещенного грунта не превысил 1,5 тыс. м<sup>3</sup>. Это позволило снизить на 20% колебания урожайности в пределах возделываемой площади поля и увеличить урожайность на 25-30% (пример – засев кукурузы).

Типовые конструкционные решения лазерного планирования плоскости осуществляются путем кругового сканирования лазерным лучом поверхности, с применением программного обеспечения строят поверхность, приемное устройство на рабочем органе принимает сигнал и корректирует его положение относительно поверхности почвы. Ключевым недостатком данной технологии является высокая чувствительность лазерного построителя к запыленности, температуре и ветру, времени суток и удаленности.

Фирма Trimble предлагает совместить систему выравнивания по спутниковым

координатам. Базовая станция этой системы способна улавливать сигнал спутника, корректировать его и передавать в радиусе 3 км на рабочий орган планировщика. Модуль управления передает команду на гидроклапан планировщика, и нож срезает поверхность на заданную глубину.

Следует отметить, что увеличение реперных точек расположения базовой станции по периметру возделываемых территорий полей или использование мобильных, быстро возводимых станций приема сигнала на участках вовлечения в оборот залежных земель, повышают точность позиционирования, а установка на рабочем органе планировщика двух антенн обеспечит большую точность наклона орудия, контроль движения по склону в любом направлении, корректировку плавности среза.

Исследования показывают, что установка лазерного выравнивания имеет положительные результаты, но, как отмечалось выше, есть и существенные недостатки. Производителями в качестве альтернативы также предлагается работы проводить по спутниковым координатам, но и в этом случае в сельской местности будет достаточно сложно получать бесперебойный сигнал, особенно в местах проведения работ по рекультивации залежных земель [12, 13].

Для решения названной проблемы авторами предлагается объединить модули передачи цифровой информации в сетевые кластеры с выбором наилучшего канала передачи цифровых данных путем включения модуля бесперебойного позиционирования с цифровой передачей данных по радиоканалу 434 МГц и 864 МГц с радиусом действия до 600 м на другие модули передачи цифровой информации позиционирования машины.

Схема модуля бесперебойной передачи цифровых данных представлена на рисунке. 3.

Проведенные аналитические исследования являются одним из этапов реализации комплексной научно-практической работы ученых и производственных структур РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева с использованием ресурсного потенциала полевой опытной станции по созданию «Цифрового поля».

Концепция «Цифровое поле» на базе полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Целью исследований в рамках реализации проекта является создание фронта

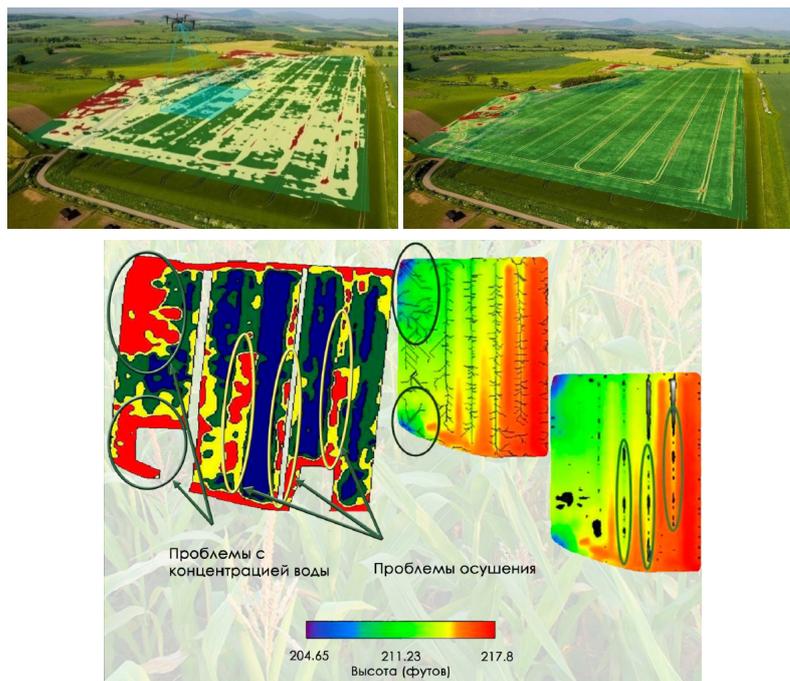


Рис. 2. Результаты реализации технологий профилирования полей с микротопографическим анализом поверхности (электронный ресурс открытого доступа фирмы Rossetto: <https://www.rossettofli.it/it> (дата обращения 18.04.2023г)

Fig. 2. Results of the implementation of field profiling technologies with microtopographic surface analysis (<https://www.rossettofli.it/it>)

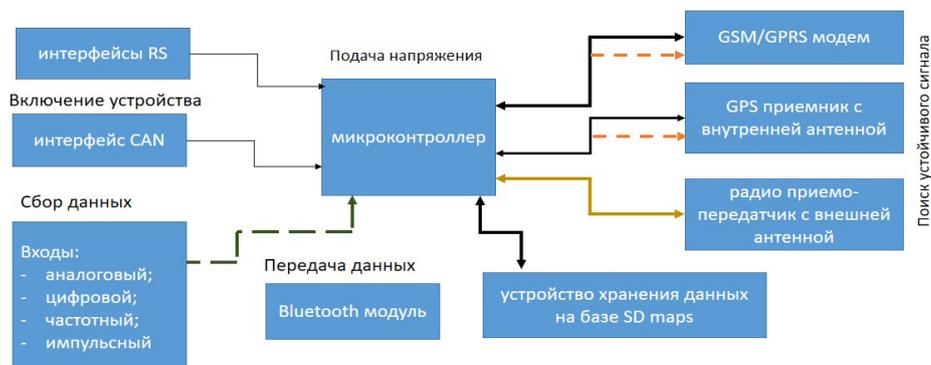


Рис. 3. Алгоритм модуля бесперебойного позиционирования с цифровой передачей данных

Fig. 3. Algorithm of the module of uninterrupted positioning with digital data transmission

устойчивого развития «Цифровое поле» в концепции технологий замкнутого жизненного цикла путем внедрения инноваций, использующих мультипликативное взаимодействие мехатронных систем и телематики.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

1. Оценка компонентной взаимодостаточности технологий реализации задач устойчивого развития при функционировании АПК с выделением мультипликативного взаимодействия мехатронных систем и телематики.

2. Формирование концепции замкнутого жизненного цикла всех уровней системы АПК с включением технологий ресурсосбережения для вторичного использования утилизируемых продуктов переработки.

3. Разработка программно-аппаратного комплекса мониторинга, диагностики и удаленного управления объектом на основе сенсорной саморегулирующейся сети радиомодулей в отсутствие покрытия GSM сети (далее – ПАК СМТС).

4. Создание облачной среды банка данных «Цифровое поле» с гибким адаптивным модулем саморазвития, до уровня обоснования «Принятие решения» с предикатным регулированием эффективности жизненного цикла.

**Исследования проведены в рамках Тематического план-задания на выполнение научно-исследовательских работ ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева по заказу Минсельхоза России за счет средств бюджета в 2023 году.**

*The research was carried out within the framework of the Thematic Task Plan for the implementation of research works of the K.A. Timiryazev Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education and Agriculture named after K.A. Timiryazev by order of the Ministry of Agriculture of Russia at the expense of the budget in 2023.*

#### Список использованных источников

1. Голубев И.Г., Апатенко А.С., Севрюгина Н.С. Состояние и перспективы вовлечения залежных земель в оборот // Мелиорация. 2021. № 3 (97). С. 67-74. EDN SYRHE.
2. Голубев И.Г., Мишуров Н.П., Голубев В.В. и др. Передовые практики введения залежных земель в оборот. М.: Росинформагротех, 2021. 80 с. EDN PFVVEL.
3. Апатенко А.С. Современные тенденции развития технического потенциала мелиорации земель // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2013. № 2 (58). С. 23-25. EDNTEFWZT.
4. Апатенко А.С., Севрюгина Н.С. Влияние технологических машин на разрушение почвенного покрова // Чтения академика В.Н. Болтинского: Семинар. Москва, 22-24 января 2020 г. М.: ООО «Мегаполис», 2020. С. 271-276. EDN DXCATF.

#### Выводы

Выявлена недостаточная информативность использования карт урожайности для оценки плодородности полей. Предлагается использовать карты рельефа полей, которые позволят установить динамику нарушения водно-воздушного режима почвы.

Обосновано, что в процессе вовлечения в оборот залежных земель требуется ввести технологическую операцию по микро топографическому анализу степени увлажненности почвы. Разработан алгоритм включения операции выравнивания полей (поверхностная планировка плоскости поля) с использованием современных систем позиционирования.

Рекомендуется установить для позиционирования ножа планировщика, или скрепера, систему лазерного выравнивания, что обеспечит бесперебойную работу.

Представлен план реализации концепции формирования цифрового поля на базе полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева с целью создания фронта устойчивого развития технологий замкнутого жизненного цикла путем внедрения инноваций, использующих мультипликативное взаимодействие мехатронных систем и телематики для техники обеспечения АПК.

#### References

1. Golubev I.G., Apatenko A.S., Sevryugina N.S. Status and prospects for consideration of fallow lands in circulation // Melioration. 2021. No. 3 (97). P. 67-74. – EDN SYRHE.
2. Golubev I.G., Mishurov N.P., Golubev V.V. [et al.] Best practices for the introduction of fallow lands into circulation. Moscow: ROSINFORMAGROTECH, 2021. 80 p. – ISBN978-5-7367-1638-8. – EDN PFVVEL.
3. Apatenko A.S. Modern trends in the development of the technical potential of land reclamation // Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education “Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin”. 2013. No. 2 (58). P. 23-25. – EDNTEFWZT.
4. Apatenko A.S., Sevryugina N.S. The influence of technological machines on the destruction of the soil cover // Readings of Academician V.N. Boltinsky: seminar: collection of articles, Moscow: January 22-24, 2020. – Moscow: Megapolis Limited Liability Company, 2020. P. 271-276. – EDN DXCATF.

5. Зорина Я.А. Рекультивация как механизм восстановления нарушенных земель // ЭГО: Экономика. Государство. Общество. 2020. № 2 (41). EDN CCQBUH.

6. ГОСТ 17.5.1.01-83. Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения // СПС Консультант плюс. [Режим доступа 20/04/2023].

7. Стефанцова Т.В., Брыжко В.Г. Рекультивация нарушенных территорий – основа рационального использования земель в народнохозяйственном обороте // Финансовая экономика. 2018. № 6. С. 1596-1599. EDN YTAABN.

8. Севрюгина Н.С., Апатенко А.С., Войтович Е.В. Риски экосистемы при функционировании водохозяйственных комплексов // Природообустройство. 2020. № 2. С. 115-122. DOI: 10.26897/1997-6011/2020-2-115-122.

9. Болотина М.Н., Мишуров Н.П., Федоренко В.Ф. и др. Сельскохозяйственная техника. Машины для обработки почвы: Каталог. М.: Росинформагротех, 2022. 208 с. EDN IPPXWH.

10. Густов Ю.И., Орехов А.А. Исследование конструктивно-технологических и эксплуатационных показателей строительной техники // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2014. № 4 (30). С. 470-475. EDN TSMPPF.

11. Apatenko A., Sevryugina N. Tensometry of Interfaces of the Working Body of Technology Machines for Reclamation Works // Smart Innovation, Systems and Technologies. 2022. Vol. 247. Pp. 73-81. DOI: 10.1007/978-981-16-3844-2\_9. EDN KMUTRQ.

12. Апатенко А.С. Совершенствование системы технической эксплуатации при импортозамещении машин для выполнения мелиоративных работ // Природообустройство. 2015. № 2. С. 74-77.

13. Sevryugina N., Apatenko A., Voitovich E., Kozhukhova N. The concept of sustainability management of the ecosystem of cities and small settlements // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Tomsk, 15-16 мая 2020 г. 2020. P. 012032. DOI: 10.1088/1757-899X/944/1/012032. EDN VDWZAF.

#### Критерии авторства

Севрюгина Н.С., Апатенко А.С., Голубев И.Г., Густов Ю.И., Фомин А.Ю. выполнили теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись, имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

#### Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 24.04.2023

Одобрена после рецензирования 23.05.2023

Принята к публикации 23.05.2023

5. Zorina Ya.A. Reclamation as a mechanism for restoring disturbed lands // EGO: Economics. State. Society. – 2020. – No. 2 (41). – EDN CCQBUH.

6. Nature protection. Land reclamation. Terms and definitions [Text]: GOST 17.5.1.01-83 of 07/01/1984. // SPS Consultant plus [access mode 20/04/2023]

7. Stefantsova T.V., Bryzhko V.G. Reclamation of disturbed territories – the basis for the rational use of land in the national economic turnover. – 2018. – No. 6. – P. 1596-1599. – EDN YTAABN.

8. Sevryugina N.S., Apatenko A.S., Voitovich E.V. Ecosystem risks during the functioning of water management systems. – 2020. – No. 2. – P. 115-122. – DOI 10.26897/1997-6011/2020-2-115-122.

9. Bolotina M.N., Mishurov N.P., Fedorenko V.F. [and etc.]. Agricultural machinery. Soil tillage machines: Catalog / – Moscow: Russian Research Institute of Information and Feasibility Studies on Engineering and Technical Support of the Agro-Industrial Complex, 2022. 208 p. – ISBN978-5-7367-1703-3. – EDN IPPXWH.

10. Gustov Yu.I., Orekhov A.A. Study of constructional-technological and operational indicators of construction equipment // Proceedings of the Kazan State University of Architecture and Civil Engineering. 2014. No. 4 (30). P. 470-475. – EDN TSMPPF.

11. Apatenko A., Sevryugina N. Tensometry of Interfaces of the Working Body of Technology Machines for Reclamation Works // Smart Innovation, Systems and Technologies. 2022. Vol. 247. P. 73-81. – DOI 10.1007/978-981-16-3844-2\_9. – EDN KMUTRQ.

12. Apatenko A.S. Improving the system of technical operation during import substitution of machines for reclamation works. 2015. No. 2. P. 74-77.

13. Sevryugina N., Apatenko A., Voitovich E., Kozhukhova N. The concept of sustainability management of the ecosystem of cities and small settlements // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: 2, Tomsk, 15-16 мая 2020 года. Tomsk: 2020. P. 012032. – DOI 10.1088/1757-899X/944/1/012032. – EDN VDWZAF.

#### Criteria of authorship

Sevryugina N.S., Apatenko A.S., Golubev I.G., Gustov Yu.I., Fomin A.Yu. carried out theoretical and computational investigations, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript. Sevryugina N.S., Apatenko A.S., Golubev I.G., Gustov Yu.I., Fomin A.Yu. have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.

#### Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

#### Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interests

The article was submitted 24.04.2023

Approved after reviewing 23.05.2023

Accepted for publication 23.05.2023