

Оригинальная статья

УДК 502/504: 631.171

DOI: 10.26897/1997-6011-2022-3-13-18

ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ АГРОЭКОСИСТЕМЫ

КИРЕЙЧЕВА ЛЮДМИЛА ВЛАДИМИРОВНА [✉], д-р техн. наук, руководитель научного направления
kireychevalw@mail.ru

ТИМОШКИН АЛЕКСЕЙ ДМИТРИЕВИЧ, аспирант, научный сотрудник
leni07@rambler.ru

АВETИСЯН АЛЕКСАН ЛЕВОНОВИЧ, младший научный сотрудник
alexan000111@gmail.com

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова; 125550, г. Москва, ул. Б. Академическая, 44, стр. 2, Россия

Представлена автоматизированная информационно-коммуникационная система (АИКС) для Нечерноземной зоны РФ. Система позволяет оперативно получать информацию о ее внешних и внутренних параметрах и с помощью пользователя реагировать на изменения, происходящие в агроэкосистеме, оценивать ее энергетическое состояние и продуктивность. Цель автоматизации связана с необходимостью интенсификации использования сельскохозяйственных земель Нечерноземной зоны, в том числе вовлечения в оборот неиспользуемых земель, разработки инновационно-адаптивных технологий повышения урожайности сельскохозяйственных культур, плодородия почвы и наращивания потенциала агропроизводства. При создании АИКС использовались QGIS – дружественная к пользователю географическая информационная система (ГИС), а также расчетные таблицы Microsoft Excel. Это обеспечивает возможность пополнения, хранения и обработки исходных данных, проведения оценки фактической и потенциальной продуктивности сельхозугодий, принятия решений по выбору необходимых мелиоративных и агротехнических мероприятий для повышения урожайности сельскохозяйственных культур и плодородия почвы, а также устойчивости использования сельскохозяйственных угодий. Тестирование системы выполнено на конкретном сельскохозяйственном объекте, расположенном в ООО «Веселый Агроном» Московской области. Использование автоматизированной системы показало, что почва рассматриваемого объекта имеет агрохимические показатели выше средних по Московской области, а фактическая продуктивность составляет 2,19 против 1,57 т з. ед/га в среднем по области. Вместе с тем при точном регулировании агрохимических параметров можно увеличить продукционный потенциал до 3,45 т з. ед/га.

Ключевые слова: информационная система, параметры, агроэкосистема, агропроизводство, сельскохозяйственные земли продуктивность, продукционный потенциал

Формат цитирования: Кирейчева Л.В., Тимошкин А.Д., Аветисян А.Л. Информационно-коммуникационная система регулирования параметров мелиоративного состояния агроэкосистемы // Природообустройство. – 2022. – № 3. – С. 13-18. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-3-13-18.

© Кирейчева Л.В., Тимошкин А.Д., Аветисян А.Л., 2022

Original article

INFORMATION AND COMMUNICATION SYSTEM FOR REGULATING THE PARAMETERS OF THE RECLAMATION STATE OF THE AGROECOSYSTEM

KIREICHEVA LYUDMILA VLADIMIROVNA [✉], doctor of technical sciences, head of the scientific direction
kireychevalw@mail.ru

TIMOSHKIN ALEXEY DMITRIEVICH, post graduate student, researcher
leni07@rambler.ru

AVETISYAN ALEXAN LEVONOVICH, junior researcher
alexan000111@gmail.com

All-Russian scientific and research institute of hydraulic engineering and land reclamation named after A.N. Kostyakov; 125550, Moscow, B. Academicheskaya, 44, bld. 2, Russia

The article presents the automated information and communication system (AICS) for the Non-Chernozem zone of the Russian Federation. The system allows you to quickly receive

information about the external and internal parameters of the system and, with the help of the user, respond to changes occurring in the agroecosystem and assess its energy state and productivity. The purpose of automation is related to the necessity to intensify the use of agricultural lands in the Non-Chernozem Zone, including the involvement of unused lands in circulation, the development of innovative and adaptive technologies for increasing crop yields, soil fertility and improving the potential of agricultural production. While creating AICS QGIS was used as a user-friendly geographic information system (GIS) and Microsoft Excel tables, which provides the possibility of replenishment, storage and process initial data and assess the actual and potential productivity of farmland, make solutions on the selection of the appropriate reclamation and agro technical measures to increase crop yields and soil fertility and also the sustainability of agricultural land use. The system was tested on a specific agricultural facility located in «Vesely Agronom LLC», Moscow Region. The use of the automated system has shown that the soil of the object under consideration has agrochemical indicators above the average for the Moscow region and the actual productivity is 2.19 against 1.57 tons of grain units per hectare on average for the region, however, with accurate regulation of agrochemical parameters, it allows to increase the production potential up to 3.45 tons of grain units per hectare.

Keywords: Non-Chernozem Zone of the Russian Federation, geographic information system (GIS), management, agricultural system, production potential

Format of citation: Kireicheva L.V., Timoshkin A.D., Avetisyan A.L. Information and communication system for regulating the parameters of the reclamation state of the agroecosystem // Prirodoobustrojstvo. – 2022. – № 3. – S. 13-18. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-3-13-18.

Введение. Для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур необходимо точное регулирование внешних и внутренних параметров сельскохозяйственной системы (агроэкосистемы) средствами комплексной мелиорации, которое невозможно без автоматизации управления мелиоративным режимом [1].

Особенностью мелиорируемых агроэкосистем является необходимость интеграции технических объектов контроля и управления с объектами биологии. Имеются в виду не только регулирование температурного и влажностного режима почвы, но и управление другими энергетическими ресурсами, обеспечивающими рост, развитие растений и микробиологическую активность почвы [2]. Для этого требуется целенаправленный информационный обмен сведениями о параметрах природных условий, сельскохозяйственной системы, а также знаниями производителя сельскохозяйственной продукции, что может быть обеспечено разработкой информационно-коммуникационной технологии (ИКТ).

Информационно-коммуникационную технологию можно рассматривать не только как способ сбора, обработки и передачи информации для получения новых сведений об изучаемом объекте, но и как инструмент для принятия решения с участием пользователя в режиме реального времени, а также для оперативного составления прогнозов [3]. Реализовать технологию можно в виде автоматизированной системы [4].

Целью работы явилось создание автоматизированной информационно-коммуникационной системы, позволяющей оперативно получать

информацию о внешних и внутренних параметрах системы и с помощью пользователя реагировать на изменения, происходящие в агроэкосистеме, оценивать ее энергетическое состояние и продуктивность.

Материалы и методы исследований.

Для осуществления оперативного управления мелиоративным режимом агроэкосистемы в соответствии с требованиями растений в период вегетации для оптимального развития сельскохозяйственных культур в ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова» реализована технология в виде автоматизированной информационно-коммуникационной системы (АИКС) Нечерноземной зоны РФ на базе следующих программ: QGIS3.16 – свободно распространяемая геоинформационная система с открытым исходным кодом [5]; Microsoft Excel 2016 – программа для работы с электронными таблицами.

Информационный модуль АИКС был создан с использованием ГИС. Для реализации информационного модуля системы применялась географическая информационная система (ГИС) QGIS3.16, в который были составлены и использованы цифровые карты Нечерноземной зоны Российской Федерации, включающие в себя (рис. 1) физико-географическую карту, представляющую собой карту проекта OpenStreetMap; карту субъектов РФ, основанную на официальной информации о федеративном устройстве России; почвенные карты для Нечерноземной зоны и Московской области [6], а также климатические карты – такие, как:

- Карта температур воздуха, основанная на данных среднемноголетних показателей температур в том или ином регионе.

- Карта радиационного баланса, включающая в себя значения зависимости суммарной коротковолновой радиации, альбедо и эффективного излучения почвы.
- Карта осадков, указывающая на среднесуточные суммы осадков.
- Карта коэффициента увлажнения (по Иванову).



Рис. 1. Некоторые электронные карты, представленные в АИКС

Fig. 1. Some electronic maps submitted to AICS

Подготовка к созданию АИКС включала в себя несколько этапов, а именно:

- формирование технической и программной составляющей;
- подбор справочной и нормативной литературы;
- организацию информационной среды на базе ГИС;
- информатизацию управления (автоматизация управления; разработка методик

контроля и мониторинга информации; создание и использование электронной базы данных).

Результаты и их обсуждение. Автоматизированная информационно-коммуникационная система представляет собой отдельные взаимосвязанные модули [7]: модуль пользовательской информации, информационно-справочный, расчетный и аналитический модули, в которых производится расчет необходимых показателей и выполняется сравнительный анализ полученных результатов, а также производится выбор необходимых агротехнических и мелиоративных мероприятий, необходимых для повышения урожайности сельскохозяйственных культур и плодородия почвы. Кроме того, система включает в себя управляющий модуль, обеспечивающий возможность точного оперативного регулирования теплового, водного и питательного режимов почвы (рис. 2).

В модуле пользовательской информации имеется возможность с помощью инструмента «Multi-locationZoom» указать координаты интересующего объекта Нечерноземной зоны. Далее, с использованием модуля «PointSamplingTool» [8], производится выборка данных, интересующих пользователя, которые необходимы для проведения дальнейших расчетов или сравнения с актуальными пользовательскими показателями. Это позволяет пользователю системы получить фактические и оптимальные значения основных климатических, почвенных показателей и агрохозяйственных условий, которые выводятся в виде атрибутивных таблиц для заданных географических координат.

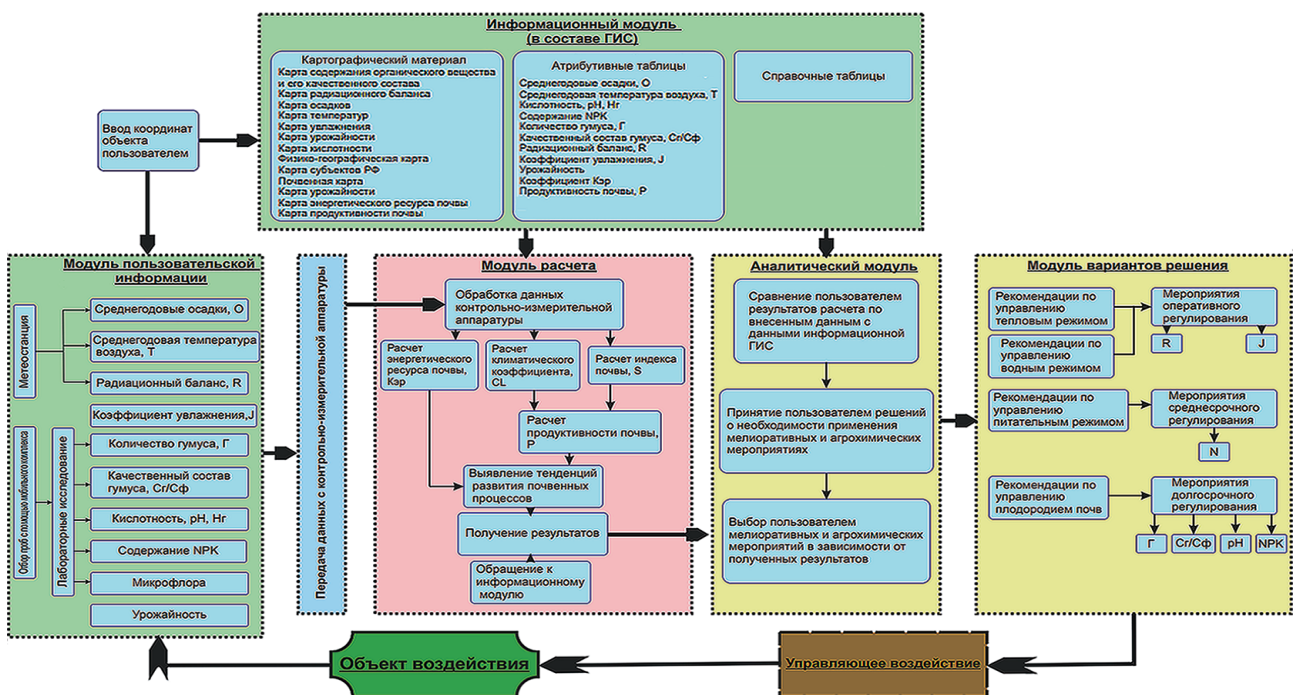


Рис. 2. Структурная схема автоматизированной информационно-коммуникационной системы

Fig. 2. Structural diagram of the automated information and communication system

Коммуникационная часть системы представлена в виде расчетных блоков, выполненных в программе Microsoft Excel 2016, включающих в себя расчетный, аналитический модули и управляющий блок.

В блоке пользовательской информации пользователю необходимо обеспечить передачу со своего объекта актуальных данных с метеостанции и специальных контрольно-измерительных устройств в расчетный модуль или ввести их вручную (рис. 3).

Пользовательская информация и информация из информационно-справочного модуля поступают в модуль расчета, где выполняется расчет энергетического ресурса почвы и возможного продукционного потенциала сельскохозяйственных земель анализируемого объекта. Значения расчетных данных передаются в аналитический модуль, в котором выполняется сравнение фактических показателей объекта с фактическими и оптимальными характеристиками для области, где находится анализируемый объект.

The screenshot shows a software interface with the following components:

- Input fields: **Кэр** = 0,257 and **Р** = 14,85.
- Расчет Кэр** table:

R	115,37
Rp	131,97
Gф	2,5
Гопт	10
Снк/Сфк	0,75
pH опт	5,5
pH факт	5,7
N	0,2
P	1
K	0,76
Юпт	1
Юф	1
- Расчет Р** table:

Gн	24
Gфк	32
Hг	1,7
T	5
O	669
- Оптимальные значения** table:

Требуется мероприятия	10	Гопт
В пределах допустимого	0,75	Снк/Сфк
В пределах допустимого	5,5	pH опт
Требуется мероприятия	1	N
В пределах допустимого	0,33	P
Требуется мероприятия	1	K
В пределах допустимого	1	Юпт
В пределах допустимого	5	Hг
- A red arrow points from the text "Фактические данные пользователя" to the "Расчет Кэр" table.

Рис. 3. Ячейки для ввода фактических данных пользователя

Fig. 3. Cells for entering actual user data

Если при сопоставлении поступивших данных обнаруживается, что состояние исследуемого объекта (агрохимические свойства почвы и урожайности культур) ниже осредненных фактических значений в разрезе соответствующей области, то в блоке вариантов решений пользователю предлагаются различные рекомендации о необходимости использования агротехнических и мелиоративных мероприятий.

В ситуации, когда состояние сельскохозяйственного участка лучше или равно средним фактическим значениям по области, но ниже оптимальных показателей, указанных в информационном модуле АИКС (справочные и атрибутивные таблицы), пользователь при желании может повысить свои фактические значения, перейдя в блок управляющих воздействий и следуя содержащимся там указаниям (рис. 4).

The screenshot shows a software interface with the following components:

- Input fields: **Кэр** = 0,257 and **Р** = 14,85.
- Расчет Кэр** table:

R	115,37
Rp	131,97
Gф	2,5
Гопт	10
Снк/Сфк	0,75
pH опт	5,5
pH факт	5,7
N	0,2
P	1
K	0,76
Юпт	1
Юф	1
- Расчет Р** table:

Gн	24
Gфк	32
Hг	1,7
T	5
O	669
- Оптимальные значения** table:

Требуется мероприятия	10	Гопт
В пределах допустимого	0,75	Снк/Сфк
В пределах допустимого	5,5	pH опт
Требуется мероприятия	1	N
В пределах допустимого	0,33	P
Требуется мероприятия	1	K
В пределах допустимого	1	Юпт
В пределах допустимого	5	Hг
- A red arrow points from the text "Мероприятия по повышению энергетического ресурса почвы и ее продукционного потенциала" to the "Оптимальные значения" table.

Рис. 4. Обоснование предлагаемых мероприятий

по повышению энергетического ресурса почвы и ее продукционного потенциала
Fig. 4. Justification of the proposed measures to increase the energy resource of the soil and its production potential

На примере Московской области была осуществлена апробация системы для конкретного сельскохозяйственного объекта ООО «Веселый Агроном» [9]. В систему были введены координаты сельскохозяйственного поля (с.ш 56°26'59.6"; в.д 37°34'42.48"), по которым на электронной почвенной карте Московской области масштаба 1:300000 [10] отобразилась точка, показывающая,

что данный объект расположен на дерново-подзолистой почве. Из информационного блока по данным атрибутивных таблиц были получены сведения о климатических условиях области, почвенных характеристиках, расчетных значениях продукционного потенциала (максимально возможная урожайность сельскохозяйственных культур) П и энергетическом ресурсе почвы Кэр (табл.).

Таблица

Результаты расчета коэффициента энергетического ресурса и продуктивности почвы для объекта ООО «Веселый Агроном» Московской области с использованием АИКС [9]

Table

Results of calculation of the coefficient of energy resource and soil productivity for the object of LLC «Vesely Agronom» of the Moscow region using AICS [9]

Характеристика объекта <i>Characteristics of the Object</i>	Обозначение характеристики <i>Characteristic designation</i>	Данные пользователя <i>User data</i>	Справочные данные <i>Reference data</i>	Показатели после проведения мелиоративных мероприятий <i>Indicators after reclamation measures</i>
Климатические характеристики <i>Climatic characteristics</i>	$R_{ф}, \text{кДж/см}^2 / R_f, \text{kJ/cm}^2$	115,37	115,37	131,97
	$R_{опт}, \text{кДж/см}^2 / R_{opt}, \text{kJ/cm}^2$	131,97	131,97	131,97
	$J_{ф} / J_f$	1	1	1
	$J_{опт} / J_{opt}$	1	1	1
	T	5,0	5,0	5,0
Агрохимические характеристики <i>Agrochemical characteristics</i>	O	669,0	669,0	669,0
	Гф, %	2,5	2,2	2,5
	Гmax, %	3,0	3,0	3,0
	Сгк/Сфк	0,75	0,75	0,75
	Гн	30	26	36
	Сфк	40	35	48
	Нг	1,7	4	1,7
	рН факт	5,7	5,4	5,8
	рН опт	5,8	5,8	5,8
	N*	0,13 / 0,25	0,11 / 0,22	1
P**	165/0,61	150/ 0,65	1	
K**	100/0,55	105/ 0,40	1	
Расчетные характеристики <i>Estimated characteristics</i>	Кэр	0,686	0,218	0,833
	П, т.з.ед./га	2,19	1,57	3,45

Примечание. *Значения азота (N) указаны в% в числителе и в долях от единицы – в знаменателе; **значения фосфора (P) и калия (K) указаны в мг/кг в числителе и в долях от единицы – в знаменателе.

Note. *Nitrogen (N) values are given in% in the numerator and in fractions of one in the denominator; **the values of phosphorus (P) and potassium (K) are given in mg/kg in the numerator and in fractions of one in the denominator.

Анализ полученных данных показал, что рассмотренный сельскохозяйственный объект имеет достаточно высокие показатели коэффициента энергетического ресурса почвы Кэр, и сельхозпроизводитель получает урожай выше средних по Московской области. Тем не менее при точном регулировании некоторых агрохимических показателей можно добиться увеличения продуктивности путем внесения минеральных удобрений и частичного регулирования рН. При этом коэффициент энергетического ресурса почвы

повысится с 0,686 до 0,826, а продукционный потенциал увеличится с 2,19 до 3,45 т.з. ед./га.

Все данные представлены в виде как наглядного картографического материала, так и атрибутивных таблиц, что дает дополнительные возможности для их анализа и последующей обработки. Расчетные и аналитические модули позволяют пользователю при наличии необходимых актуальных данных выполнять оценку состояния конкретных сельскохозяйственных угодий, основанную на расчетах по моделям,

представленным в расчетном модуле, и определять подходящие мероприятия по проведению агротехнических и мелиоративных мероприятий.

Выводы

1. Для Нечерноземной зоны РФ создана информационно-коммуникационная система, позволяющая оценить текущее состояние сельскохозяйственных земель выбранного объекта, а потребителю – принимать научно обоснованные решения по проведению агрохимических и мелиоративных мероприятий для повышения продуктивности земель и плодородия почвы.

2. Разработанная система органично сочетает в себе базы данных, содержащие

разнородную информацию, картографический материал в геоинформационной системе, позволяющие оценить степень влияния на урожайность и плодородие почвы того или иного фактора. В целях регулирования наиболее подходящих условий для роста и развития сельскохозяйственных культур разработан удобный механизм выполнения расчетов, с помощью которых можно оперативно корректировать производственный процесс.

3. Выполненные с использованием АИКС расчеты для конкретного объекта позволили оценить текущую ситуацию и наметить мероприятия по возможному повышению продуктивности почвы участка.

Библиографический список

1. Кирейчева Л.В. Комплексная мелиорация агроландшафтов // Мелиорация и водное хозяйство. – 1999. – № 5. – С. 24-27.

2. Захарова О.А., Кирейчева Л.В., Мажайский Ю.А. Микробиоценоз почвы при разных уровнях антропогенного воздействия. – Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ им. П.А. Костычева, 2004. – 159 с.

3. Паспорт национального проекта «Национальная программа – Цифровая экономика Российской Федерации». – [Электронный ресурс]. – URL: https://digital.gov.ru/uploaded/files/natsionalnaya-programma-tsifrovaya-ekonomika-rossijskoj-federatsii_NcN2nOO.pdf.

4. Почепцов Г.Г. Коммуникативные технологии XX века. – М.: Рефл-бук: Ваклер, 2003. – 348 с.

5. «Свободная географическая информационная система с открытым кодом QGIS». – [Электронный ресурс]. – URL: <https://qgis.org/ru/site/>.

6. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России / Общество почвоведов им. В.В. Докучаева. – М., 2019. – URL: <http://egrpr.esoil.ru/>.

7. Разработать научные основы и технологические приемы комплексного регулирования агрофитоценоза для повышения природно-ресурсного потенциала, создания новых конструкций гидромелиоративных систем и автоматизированных комплексов машин для производства мелиоративных работ: Отчет о НИР. № НИОКТР АААА-А19-1190801900 46-9. – М.: ВНИИГиМ, 2021.

8. Digital Geography QGIS Plugins. – URL: <https://digital-geography.com/qgis-plugins-point-sampling-tool/>.

9. ООО «Веселый Агроном». – URL: <https://www.happy-agronom.ru/>.

10. Цифровая среднemasштабная Почвенная карта Московского региона / Под ред. И.О. Алябиной. – URL: <https://soil-db.ru/>.

Критерии авторства

Кирейчева Л.В., Тимошкин А.Д., Аветисян А.Л. выполнили теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись. Имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов

Статья поступила в редакцию 06.04.2022

Одобрена после рецензирования 11.05.2022

Принята к публикации 25.05.2022

References

1. Kireycheva L.V. Kompleksnaya melioratsiya agrolandshaftov // Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo. 1999. № 5. s. 24-27

2. Zaharova O.A., Kireycheva L.V., Mazhayskiy Yu.A. Mikrobotsenoz pochvy pri raznyh urovnyah antropogennogo vozdeystviya. Izdatelstvo: Ryazanskiy gosudarstvennyy agrotekhnologicheskij universitet im. P.A. Kostycheva (Ryazan), 2004. – 159 s.

3. Pasport natsionalnogo proyekta «Natsionalnaya programma «Tsifrovaya ekonomika Rossiyskoj Federatsii»» [Elektronny resurs] – Rezhim dostupa: https://digital.gov.ru/uploaded/files/natsionalnaya-programma-tsifrovaya-ekonomika-rossijskoj-federatsii_NcN2nOO.pdf

4. Pocheptsov G.G. Kommunikativnye tekhnologii XX veka. M., Refl-buk: Vakler, 2003. – 348 s.

5. «Svobodnaya geograficheskaya informatsionnaya sistema s otkryтым kodom QGIS» [Elektronny resurs]. – Rezhim dostupa: <https://qgis.org/ru/site/svobodnyj>.

6. Edinyj gosudarstvennyy reyestr pochvennykh resursov Rossii / Obshchestva pochvedov im. V.V. Dokuchayeva / Moskva – 2019. – Rezhim dostupa: <http://egrpr.esoil.ru/svobodnyj>.

7. Otchet o NIR po teme «Razrabotat nauchnye osnovy i tekhnologicheskije priemy kompleksnogo regulirovaniya agrofittotsenoza dlya povysheniya prirodno-resursnogo potentsiala, sozdaniya novykh konstruksiy gidromeliorativnykh sistem i avtomatizirovannykh kompleksov mashin dlya proizvodstva meliorativnykh rabot» № NIOKTR АААА-А19-1190801900 46-9 М.: VNIIGiM. – 2021.

8. Digital Geography QGIS Plugins. – Rezhim dostupa: <https://digital-geography.com/qgis-plugins-point-sampling-tool/>, svobodnyj.

9. ООО «Veselyj agronom». – Rezhim dostupa: <https://www.happy-agronom.ru/>, svobodnyj.

10. Tsifrovaya srednemashtabnaya Pochvennaya karta Moskovskogo regiona / pod red. I.O. Alyabinoj. – Rezhim dostupa: <https://soil-db.ru/>, svobodnyj.

Criteria of Authorship

Kireycheva L.V., Timoshkin A.D., Avetisyan A.L. carried out theoretical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript. Kireycheva L.V., Timoshkin A.D., Avetisyan A.L. have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare that there are no conflicts of interests

The article was submitted to the editorial office 06.04.2022

Approved after reviewing 11.05.2022

Accepted for publication 25.05.2022