

КАРТОГРАФИЯ  
КАРТОГРАФИЯ  
CARTOGRAPHYDOI 10.51885/1561-4212\_2021\_3\_34  
MPHTI 36.33.39**Ж.К. Шаймарданов, М.М. Тогузова, Ж.А. Асылханова, Б.Х. Шаймарданова,  
А.Д. Окасова, А.М. Мамышева**Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева,  
г. Усть-Каменогорск, Казахстан

E-mail: ZhShaymardanov@ektu.kz

E-mail: marzhan123@mail.ru\*

E-mail: zhannadrannikova27@gmail.com

E-mail: sbotagoz55@mail.ru

E-mail: anara\_okasova@mail.ru

E-mail: asel\_mam@mail.ru

**РАЗРАБОТКА ПОЧВЕННЫХ КАРТОГРАММ В ПРОГРАММЕ QGIS  
ДЛЯ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ****ДӘЛМЕ-ДӘЛ ЕГІНШІЛІК ҮШІН QGIS БАҒДАРЛАМАСЫНДА ТОПЫРАҚ  
КАРТОГРАММАЛАРЫН ӨЗІРЛЕУ****DEVELOPMENT OF SOIL CARTOGRAMS FOR PRECISION FARMING  
IN QGIS PROGRAM**

**Аннотация.** Составление и разработка электронных почвенных картограмм в современных ГИС-программах приобретают высокую актуальность и практическую значимость. В 2020 году утверждены новые правила субсидирования повышения урожайности и качества продукции растениеводства, согласно которым субсидии за приобретение удобрений будут выплачиваться при условии регистрации в специальной информационной системе субсидирования электронной агрохимической картограммы на удобряемую площадь земельных участков сельскохозяйственного назначения. В данной статье рассматриваются этапы создания почвенных картограмм по материалам агрохимического обследования земель в программном обеспечении QGIS. Показаны преимущества использования новых технологий в сельском хозяйстве.

**Ключевые слова:** почвенные картограммы, точное земледелие, сельское хозяйство, агрохимическое обследование земель, ГИС-технологии, программное обеспечение

**Аңдатпа.** Заманауи ГАЗ бағдарламаларында электрондық топырақ картограммаларын жасау және әзірлеу жоғары өзектілік пен тәжірибелік маңыздылыққа ие болады. 2020 жылы өсімдік шаруашылығы өнімінің шығымдылығы мен сапасын арттыру мақсатында субсидиялаудың жаңа қағидалары бекітілді, осыған сәйкес тыңайтқыштарды сатып алуға субсидиялары, ауыл шаруашылығы мақсатындағы жер телімдерінің ұрықтандырылатын алаңына арналған, электрондық агрохимиялық картограмманы субсидиялаудың арнайы ақпараттық жүйесінде тіркелген жағдайда төленетін болады. Жазылған мақалада QGIS бағдарламалық жасақтамасында, жерді агрохимиялық зерттеу материалдары бойынша топырақ картограммаларын жасау кезеңдері қарастырылады. Ауыл шаруашылығында жаңа технологияларды қолданудың артықшылықтары көрсетілген.

**Түйін сөздер:** топырақ картограммалары, дәлме-дәл егіншілік, ауыл шаруашылығы, жерлерді агрохимиялық зерттеу, ГАЖ-технологиялар, бағдарламалық қамтамасыз ету

**Abstract.** Compilation and development of electronic soil cartograms in modern GIS programs is becoming highly relevant and of practical importance. In 2020, new rules for subsidizing the increase in yield and quality of crop production were approved, according to which subsidies for the purchase of fertilizers will be paid subject to registration in a special information system for subsidizing electronic agrochemical cartograms for the fertilized area of agricultural land plots. This article discusses the stages of creating soil cartograms based on the materials of the agrochemical land survey in the QGIS software. The advantages of using new technologies in agriculture are shown.

**Keywords:** soil cartograms, precision agriculture, agriculture, agrochemical land survey, GIS technologies, software.

*Введение.* Сельское хозяйство в Казахстане – следующая после добывающей промышленности ключевая отрасль казахстанской экономики. Доля сельскохозяйственной отрасли в валовом внутреннем продукте составляет около 6 %, занятость экономически активного населения более 15 % и свыше 40 % всего населения страны проживают в сельских местностях [1]. Это свидетельствует о важной роли сельскохозяйственной отрасли в социально-экономической и политической стабильности в стране. Современные геоинформационные системы и большие данные, получаемые из различных источников, включая Интернет вещей, способствуют получению высоких урожаев без истощения почвы, причем с рациональным использованием земельных ресурсов. На мировом рынке программных продуктов имеется большой выбор аппаратных средств для сбора, хранения, обработки и представления в системе GIS необходимой информации о площади и состоянии посевов, зонах плодородия, урожайности сельскохозяйственных культур, рельефе. На сегодняшний день существует ряд программных продуктов, предназначенных для анализа собранной информации и расчёта доз удобрений, с элементами геоинформационных систем. Программное обеспечение и оборудование, установленные на мобильном комплексе, позволяют создавать привязанные к координатам пространственные объекты, которые являются элементами геоинформационной базы данных для обследуемого поля. Развитая система логистики и электронная торговля позволяют снизить себестоимость доставки сельхозпродукции до конечного потребителя даже небольшим фермерским хозяйствам с сохранением ее качества [2-3].

*Материалы и методы исследования.* На сегодняшний день в сельском хозяйстве Республики Казахстан доля сельхозпроизводителей, применяющих цифровые технологии, незначительна. Существует большой потенциал преобразований в сельском хозяйстве с помощью цифровых технологий в условиях полномасштабной программы цифровизации. Развитие сельского хозяйства способно выйти на качественно новый уровень и стать драйвером экономики страны. Основными направлениями цифровизации являются повышение урожайности и производительности труда, сохранение продовольственной безопасности страны [4-5].

Часто руководители крупных крестьянских хозяйств не знают точного размера своих посевных площадей из-за того, что происходят постоянные изменения его границ в результате природных и административных процессов. Обновление картографических данных, ранее осуществляемое за счет государственных средств, сейчас практически прекратилось. Работа ведется на основе карт 10...15-летней давности, не отражающих реалий настоящего времени. Кроме того, характеристики почвы и растительности на разных полях также варьируются от участка к участку. Эти данные, во-первых, должны находиться в руках специалистов для прогнозирования и анализа производительности, а во-вторых, должны быть основой

агротехнических планов, касающихся каждого конкретного поля или участка, иначе нельзя избежать потерь и неэффективных затрат.

Комплексные технологии производства сельскохозяйственной продукции, получившие название «точное земледелие» (Precision Farming), начали активно развиваться за рубежом в конце 90-х годов и признаны мировой сельскохозяйственной наукой как наиболее эффективные передовые технологии, переводящие аграрный бизнес на более качественный уровень [6]. Эти технологии являются инструментом, обеспечивающим решение трех основных задач, ведущих к успеху в современных рыночных условиях: возможность получения своевременной объективной информации, способность принимать правильные управленческие решения и способность реализовывать эти решения на практике.

Чтобы правильно и наиболее рационально использовать землю, нужно хорошо знать ее свойства и особенности. В этом отношении большое значение имеют почвенные карты и агропроизводственные картограммы, отражающие характер распространения почв на земельной территории хозяйства и их основные агрономические свойства [7-8]. Только при наличии этих материалов можно правильно планировать и проводить те или иные агротехнические мероприятия. Картограммы существенно дополняют и детализируют почвенные карты, делая материалы почвенных исследований более наглядными для практического использования.

*Результаты и их обсуждения.* Целью исследования является построение почвенных картограмм по результатам агрохимического анализа с обработкой результатов в программе QGIS.

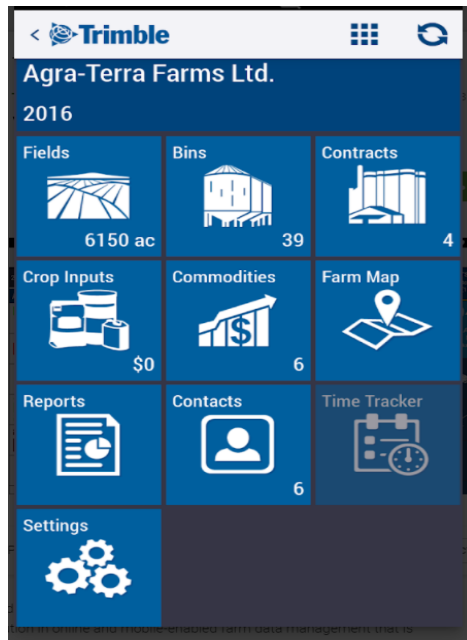
Объектом исследования являлись сельскохозяйственные поля крестьянского хозяйства «Маяк» Павлодарской области. Исходными данными для агрохимического анализа послужили пробы почв, взятые на участке площадью 2000 га в 2019 году. Для выполнения данной работы использовался автоматический пробоотборник WINTEX 1000S, который устанавливался на тракторе.

Рассмотрим используемый в данной работе способ отбора почв автоматизированным пробоотборником более подробно. Для привязки поля в системе координат трактор с пробоотборником выполнял объезд по контуру поля. Контроль осуществлялся с использованием планшета TOREX PAD2 и программы Trimble Ag. Работа проводилась на 14 участках (рис. 1).



**Рисунок 1.** Схема расположения полей в крестьянском хозяйстве с присвоенной идентификацией от 1 до 11

Программа Trimble Ag предлагает производителям инструменты для оптимизации управленческих решений и повышения доходности. При использовании данного мобильного приложения улучшаются показатели по мониторингу полевых работ, внедрению конкретных механизмов управления сельским хозяйством и оценки окупаемости затрат (рис. 2).



**Рисунок 2.** Меню программы Trimble Ag

Затем производится отбор проб почв. Количество проб в отсеке и глубина погружного зонда регулировались в процессе выполнения работы. На рис. 3 представлена схема расположения идентификаторов проб, которые в дальнейшем имеют привязку по координатам.



Рисунок 3. Схема расположения идентификаторов проб

После отбора проб контейнеры с почвой были направлены в лабораторию агрохимического анализа ВКТУ для определения содержания следующих элементов: гумуса, рН, общего азота, серы, фосфора и калия. Обработка результатов агрохимического анализа проводилась в программе QGIS с целью получения почвенных картограмм по каждому элементу. Полученные результаты используются для разработки необходимых рекомендаций по дальнейшему планированию агротехнических работ.

Программный пакет QGIS в первую очередь предназначен для обработки пространственных данных в картографии [9]. Одним из его преимуществ является возможность обрабатывать пространственно-распределенные данные и строить карты, автоматически работая с Google maps, Yandex maps и другими картографическими приложениями.

Следующим этапом является выгрузка данных результатов агрохимического анализа, представленного в файле Excel (рис. 4), в программу QGIS (рис. 5).

1	атрибуты X	Y	гумус, %	pH	Б.Сб	N, мг/100г	P, мг/кг	K, мг/кг
2	A-1	77,38481	51,91849	1,15	7,80	0,0218	34,43	278,7
3	A-2	77,39014	51,91202	1,15	7,35	0,0215	34,37	271,8
4	A-3	77,39577	51,91444	1,17	7,41	0,0225	33,97	278,7
5	A-4	77,39033	51,91917	1,14	7,39	0,0214	33,83	280,2
6	A-5	77,39866	51,92296	0,74	7	0,0313	31,45	375,3
7	A-6	77,40362	51,91883	0,73	6,95	0,0308	30,83	391,5
8	A-7	77,41144	51,92174	0,75	7,02	0,0367	31,81	404,5
9	A-8	77,40512	51,92596	0,72	6,89	0,0293	30,86	373,8
10	A-9	77,41252	51,92971	0,75	6,75	0,0266	29,46	275,3
11	A-10	77,41748	51,92541	0,74	6,51	0,0274	29,34	241,6
12	A-11	77,42429	51,9284	0,7	6,43	0,0278	29,67	231,6

Рисунок 4. Сведения для построения агрохимических картограмм (ТОО КХ «Маяк», поля 1-11)

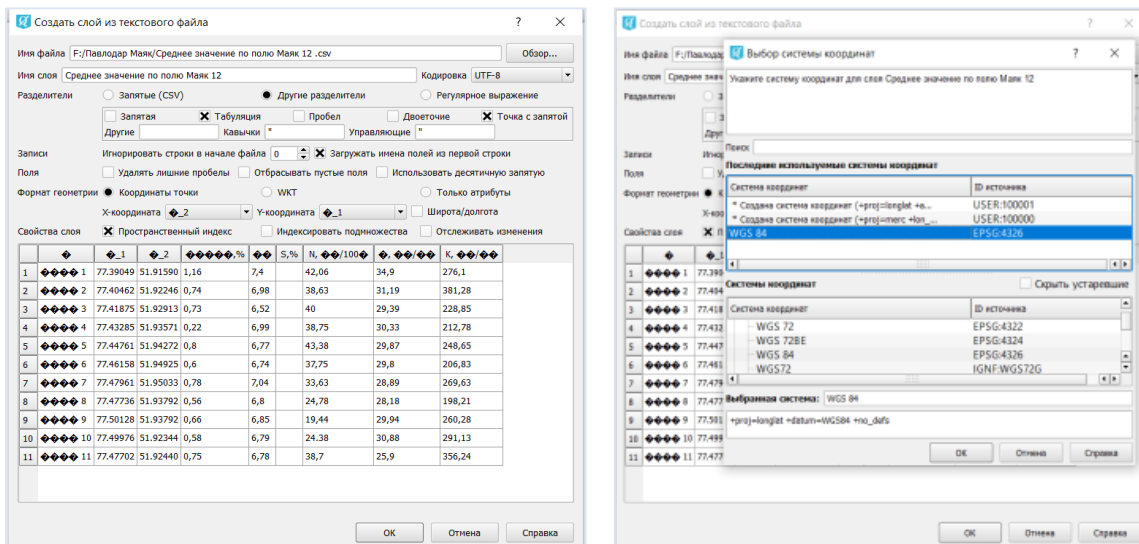


Рисунок 5. Выгрузка Excel файла с результатами агрохимического анализа в программу QGIS

Важным моментом является проверка правильности привязки координатных данных проб почв к космоснимку в соответствии с заданной проекцией. Результат отображения точек отбора проб на космоснимке показан на рис. 6.



Рисунок 6. Расположение точек отбора проб, зарегистрированных в программе, на территории ТОО «КХ «Маяк», поля 1-7

Для определения степени содержания результатов агрохимического анализа по каждому элементу применяется модуль интерполяции (рис. 7). Данный модуль может использоваться для интерполяции точечного векторного слоя методом триангуляции (Tin-Triangular Irregular Network) или обратного измерения расстояния (IDW – Inverse Distance Weighted). Эта операция не представляет сложности и имеет интуитивно понятный графический интерфейс для создания интерполированных растровых слоев [10-12].

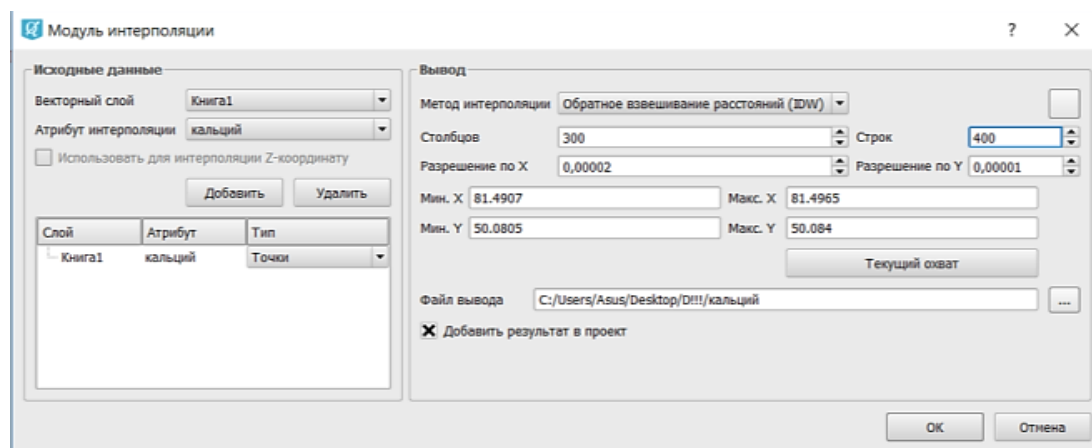




Рисунок 7. Ввод данных в модуль интерполяции

Для выбора степени содержания по каждому элементу и отображения в цветовом фоне использовались группировки почв, определяемые методами Тюрина-Кононова, Корнфилда, Мачигина (табл. 1-6) [13-15]. Отображение результатов осуществляется в программе NEXT QGIS.

Таблица 1. Группировка почв по составу гидролизуемого азота, определяемому методами Тюрина-Кононова, Корнфилда

№	Состав гидролизуемого азота	По методу		
		Тюрина-Кононова	Корнфилда	
		Содержание почв, мг/кг		
1	Очень низкий		менее 30	менее 100
2	Низкий		31-40	101-150
3	Умеренный		41-50	151-200
4	Средний		51-70	более 200
5	Высокий		71-100	
6	Очень высокий		более 100	

Таблица 2. Группировка почвы по составу подвижного фосфора, определяемому методом Мачигина

№	Обеспеченность подвижным фосфором	Содержание подвижного фосфора, мг/100 г почвы	Содержание подвижного фосфора, мг/100 кг почвы	
1	Очень низкая		менее 1,0	менее 10
2	Низкая		1,01-1,5	10,1 – 15,0

Окончание табл. 2

№	Обеспеченность подвижным фосфором	Содержание подвижного фосфора, мг/100 г почвы	Содержание подвижного фосфора, мг/100 кг почвы
3	Умеренная		1,51-3,0
4	Средняя		3,01-4,5
5	Высокая		4,51-6,0
6	Очень высокая		более 6,0

**Таблица 3.** Группировка почвы по составу обменного калия, определяемому методом Мачигина

№	Содержание обменного калия	Содержание обменного калия, мг/100 г почвы	Содержание обменного калия, мг/кг почвы
1	Очень низкое		менее 10
2	Низкое		10-20
3	Умеренное		20-30
4	Среднее		30-40
5	Высокое		40-60
6	Очень высокое		более 60

**Таблица 4.** Группировка почв по степени кислотности

№	Степень кислотности	РН
1	Чрезвычайно кислая	<5,0
2	Очень кислая	5,1-5,5
3	Среднекислая	5,6-6,0
4	Слабокислая	6,1-6,5
5	Нейтральная	6,6-7,3
6	Слабощелочная	7,4-7,9
7	Среднещелочная	8,0-8,5
8	Сильнощелочная	8,6-9,0
9	Очень сильнощелочная	>9,0

**Таблица 5.** Группировка почв по содержанию гумуса, %

№	Степень содержания	Гумус, %
1	Очень низкое	0-0,2
2	Низкое	2,1-4,0
3	Среднее	4,1-6,0
4	Высоковатое	6,1-8,0
5	Высокое	8,1-10
6	Очень высокое	> 10,0



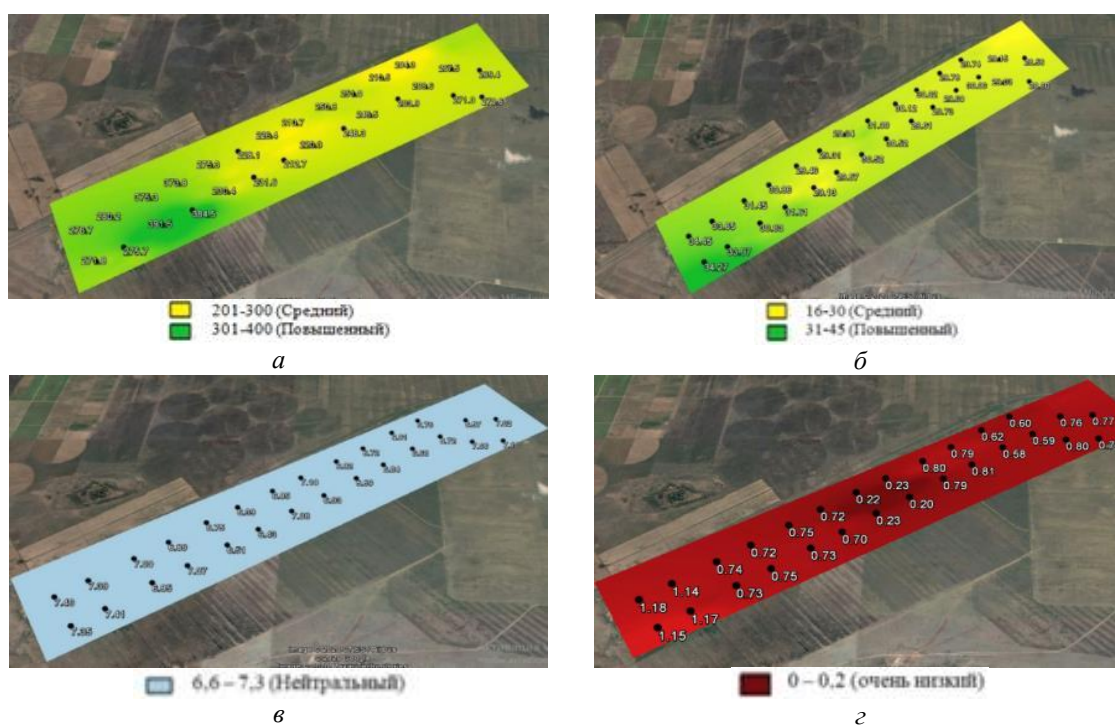
**Таблица 6.** Группировка почв по содержанию серы

№		Степень содержания	Сера, мг/кг
1		Низкое	< 6.0
2		Среднее	6.0-12.0
3		Высокое	>12.0

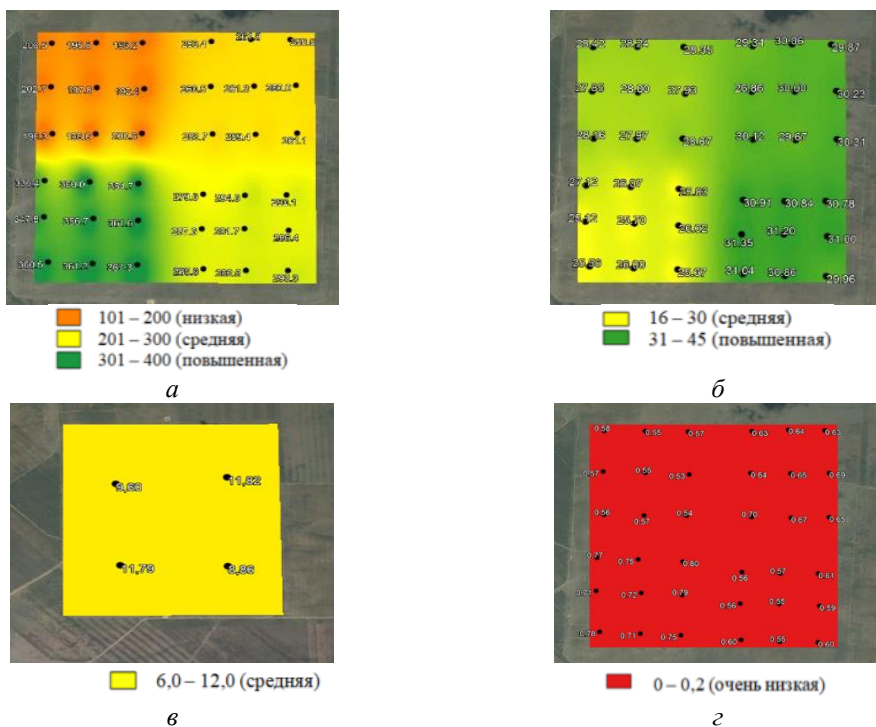
С учетом представленных данных были построены картограммы по гидролизуемому азоту, подвижному фосфору, переменному калию, степени кислотности, содержанию гумуса для земельных участков ТОО «КХ Маяк»: для полей 1-7 (рис. 8), для полей 8-11 (рис. 9), для полей 12-14 (рис. 10).

Полученные почвенные картограммы полей представляют собой разбивку по представленным данным элементов, по которым можно выделить зоны с высоким, средним или низким содержанием определенного вещества по отдельному полю или по всему хозяйству в целом, что позволяет наглядно провести анализ состояния почв, выявить «проблемные» места, определить насыщенность или нехватку питательных веществ (N, P, K и др.) и других органических соединений основных почвенных компонентов.

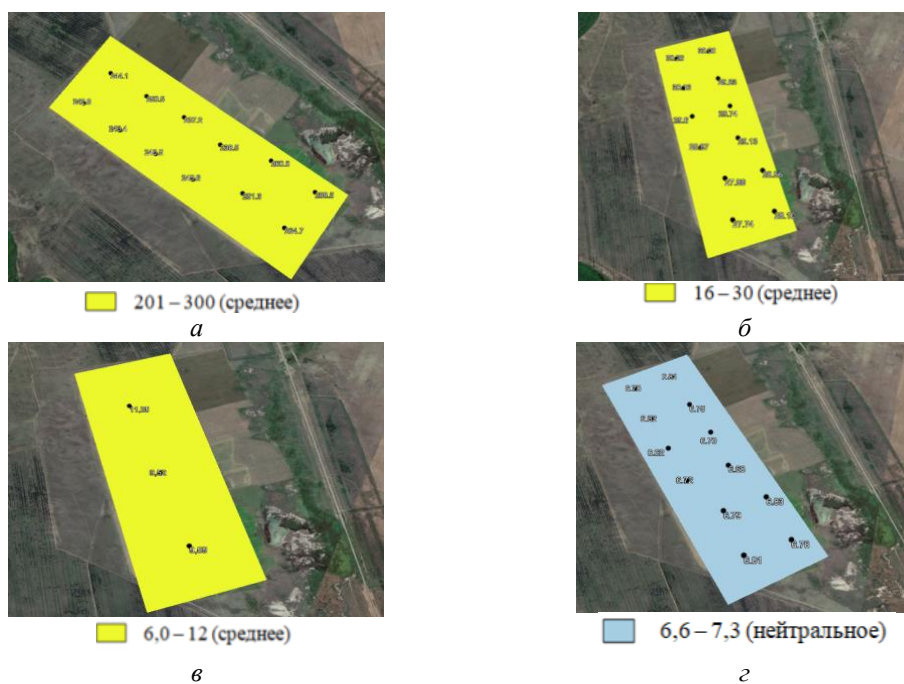
Почвенные картограммы в купе с системой параллельного вождения являются основой для следующего важнейшего компонента системы точного земледелия – дифференцированного внесения удобрений и средств химической защиты растений (пестицидов) в зависимости от состояния культурных растений, наличия сорняков на отдельных участках поля [16-17].



**Рисунок 8.** Картограммы полей 1-7 ТОО «КХ Маяк»: а) картограмма обеспеченности почв обменным калием (мг/100 кг); б) картограмма обеспеченности почв подвижным фосфором (мг/100 кг); в) картограмма по степени Ph; г) картограмма содержания гумуса, %



**Рисунок 9.** Картограммы полей 8-11 ТОО «КХ Маяк»: а) картограмма обеспеченности почв обменным калием (мг/100 кг); б) картограмма обеспеченности почв подвижным фосфором (мг/100 кг); в) картограмма по степени содержания серы; г) картограмма содержания гумуса, %



**Рисунок 10.** Картограммы полей 12-14 ТОО «КХ Маяк»: а) картограмма обеспеченности почв обменным калием (мг/100 кг); б) картограмма обеспеченности почв подвижным фосфором (мг/100 кг); в) картограмма по степени содержания серы; г) картограмма по степени Ph

*Заключение.* Таким образом, значение почвенных картограмм состоит в том, что они дают возможность агропредприятию правильно построить систему обеспечения почв элементами питания, рассчитать необходимое количество удобрений и оптимизировать финансовые расходы.

Проект ПЦФ BR10965186 «Разработка и внедрение геоинформационного обеспечения «умного» сельского хозяйства для усовершенствования управления агропромышленного комплекса».

#### Список литературы

1. Хельм Т., Шольц Н., Ошакбаев Р., Уакпаев Б., Сатпаев Д., Додонов В., Сейлеханов Е., Кауке-нов А., Кашкинбеков А., Рудерт Д. Трансформация экономики Казахстана. - Астана: Типогра-фия «IndigoPrint», 2019. – 368 с. (переведена с немецкого языка).
2. Deforestation and Loss of Biodiversity Surrounds the Ethiopian Church Forests / Tree foundation, 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://treefoundation.org/projects/church-forests-of-ethiopia/regional-view-of-deforestation/> (14.05.2021).
3. Pathan M., Patel N., Yagnik H., Shah M. Artificial cognition for applications in smart agriculture: A comprehensive review // Artificial Intelligence in Agriculture. – 2020. – № 4. – Pp. 81-95.
4. Государственная программа "Цифровой Казахстан", принята постановлением Правительства РК № 827 от 12 декабря 2017 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://online.zakon.kz/>. (15.04.2021).
5. Современные технологии и оборудование для систем точного земледелия: научный анали-тический обзор / [Т.А. Щеголихина, В.Я. Гольяпин]. – Москва: ФГБНУ [Росинформагротех], 2014. – 80 с.
6. Кекчебаев Е., Жакупова Г. Маркетинговые исследования сельского хозяйства Казахстана [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://marketingcenter.kz/20/rynok-selskoe-khoziaistvo-kazakhstan.html>. (15.04.2021).
7. You N., Donga J. Examining earliest identifiable timing of crops using all available Sentinel 1/2 im-agerly and Google Earth Engine// ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. – 2020. – Volume 161. – Pp. 109-123.
8. G. W. Gella, W. Bijker, M. Belgiu Mapping crop types in complex farming areas using SAR imagery with dynamic time warping, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. – 2021. – Volume 175. – Pages 171-183. – ISSN 0924-2716. – <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2021.03.004>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271621000678>).
9. Документация QGIS 2.0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.qgis.org/2.0/ru/docs/index.html> (14.05.2021)
10. Черепанова Е.С., Худорожков М.Д., Алёшин М.А. Создание серии специальных почвенных карт для точного земледелия // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформаци-онные технологии и космический мониторинг. – 2019. – № 4. – С. 52-57
11. Интерпретация комбинаций каналов данных Landsat TM/ETM+ [Электронный ресурс] / GIS-Lab, 2005. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gis-lab.info/qa/landsat-bandcomb.html> (15.05.2021)
12. Корректное преобразование мультиспектральных растров в RGB с настроенной гистограм-мой [Электронный ресурс] / GIS-Lab, 2012. [wiki.gis-lab.info](http://wiki.gis-lab.info) (14.10.2017)
13. Практикум по точному земледелию: учебное пособие для вузов / под ред. М.М. Константино-ва; рук. авт. кол. А.И. Завражнов. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2015. – 232 с.
14. Труфляк Е. В. Техническое обеспечение точного земледелия. Лабораторный практикум: учебное пособие / Е. В. Труфляк, Е. И. Трубилин. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 172 с.
15. Труфляк Е.В., Курченко Н.Ю., Тенеков А.А., Якушев В.В., Борисенко И.Б., Машков С.В., Лич-ман Г.И., Дайбова Л.А. Точное сельское хозяйство. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 512 с.
16. Железова, С. «Цифра» в поле / С. Железова // Новое сельское хозяйство. – 2018. – № 6. – С. 38-39.
17. Постолов В.Д. Структурная оптимизация агроландшафтов в адаптивном землепользовании [Электронный ресурс] / В.Д. Постолов // Вестник Воронежского государственного аграрного

университета. – 2016. – № 3. – С. 302-308. – Научная электронная библиотека «eLIBRARY.ru». – Режим доступа: <https://elibrary.ru>

#### References

1. Hel'm T., SHol'c N., Oshakbaev R., Uakpaev B., Satpaev D., Dodonov V., Sejlekanov E., Kaukenov A., Kashkinbekov A., Rudert D. Transformaciya ekonomiki Kazahstana. - Astana: Tipografiya «IndigoPrint», 2019. – 368 s. (perevedena s nemeckogo yazyka).
  2. Deforestation and Loss of Biodiversity Surrounds the Ethiopian Church Forests / Tree foundation, 2013. [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <http://treefoundation.org/projects/church-forests-of-ethiopia/regional-view-ofdeforestation/> (14.05.2021).
  3. Pathan M., Patel N., Yagnik H., Shah M. Artificial cognition for applications in smart agriculture: A comprehensive review. *Artificial Intelligence in Agriculture* 4 (2020), pp. 81–95
  4. Gosudarstvennaya programma "Cifrovoy Kazahstan", prinyata postanovleniem Pravitel'stva RK № 827 ot 12 dekabrya 2017 goda [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <https://online.zakon.kz/>. (15.04.2021)
  5. Sovremennye tehnologii i oborudovanie dlja sistem tochnogo zemledelija: nauchnyj analiticheskij obzor / [T.A. Shhegolihiina, V.Ja. Gol'tjapin]. - Moskva: FGBNU [Rosinformagroteh], 2014. - 80 s.
  6. Kekchebaev E., Zhakupova G. Marketingovyje issledovanija sel'skogo hozjajstva Kazahstana. [Jelektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <http://marketingcenter.kz/20/rynok-selskoe-khoziaistvo-kazahstan.html>. (15.04.2021)
  7. You N., Donga J. Examining earliest identifiable timing of crops using all available Sentinel 1/2 imagery and Google Earth Engine// *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Volume 161, 2020, pp. 109-123
  8. G. W. Gella, W. Bijker, M. Belgiu Mapping crop types in complex farming areas using SAR imagery with dynamic time warping, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Volume 175, 2021, Pages 171-183, ISSN 0924-2716, <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2021.03.004>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271621000678>).
  9. Dokumentacija QGIS 2.0 [Jelektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <http://docs.qgis.org/2.0/ru/docs/index.html> (14.05.2021)
  10. Cherepanova E.S., Hudorozhkov M.D., Aljoshin M.A. Sozdanie serii special'nyh pochvennyh kart dlja tochnogo zemledelija / Jekologija. Jekonomika. Informatika. Serija: Geoinformacionnye tehnologii i kosmicheskij monitoring, 2019 №4, S. 52-5765
  11. Interpretacija kombinacij kanalov dannyh Landsat TM/ETM+ [Jelektronnyj resurs] / GIS-Lab, 2005. [Jelektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <http://gis-lab.info/qa/landsat-bandcomb.html> (15.05.2021)
  12. Korrektnoe preobrazovanie mul'tispektral'nyh rastrov v RGB s nastroennoj gistogrammoj [Jelektronnyj resurs] / GIS-Lab, 2012. [wiki.gis-lab.info](http://wiki.gis-lab.info) (14.10.2017)
  13. Practicum on precision agriculture: a textbook for universities / ed. by M. M. Konstantinov; head of the author's department A. I. Zavrazhnov. - Saint-Petersburg [et al.]: Lan, 2015. - 232 p.
  14. Truffljak E. V. Tehnicheskoe obespechenie tochnogo zemledelija. Laboratornyj praktikum: uchebnoe posobie / E. V. Truffljak, E. I. Trubilin. - 2-e izd., ster. - Sankt-Peterburg : Lan', 2021. - 172 s.
  15. Truffljak E.V., Kurchenko N.Ju., Tenekov A.A., Jakushev V.V., Borisenko I.B., Mashkov S.V., Lichman G.I., Dajbova L.A. Tochnoe sel'skoe hozjajstvo. - 2-e izd., ster. - Sankt-Peterburg : Lan', 2021. - 512 s.
  16. Zhelezova, S. «Cifra» v pole / S. Zhelezova // *Novoe sel'skoe hozjajstvo*. – 2018. – № 6. – S. 38-39.
  17. Postolov V.D. Strukturnaja optimizacija agrolandshaftov v adaptivnom zemlepol'zovanii [Jelektronnyj resurs] / V.D. Postolov // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2016. – № 3. – S. 302-308. – Nauchnaja jelektronnaja biblioteka «eLIBRARY.ru». – Rezhim dostupa: <https://elibrary.ru>
- 
-