Московский экономический журнал. № 11. 2022
Moscow economic journal. № 11. 2022

Научная статья

Original article

УДК 005.584.1:631.5:631.111

doi: 10.55186/2413046X_2022_7_11_697

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ОПЫТНОГО УЧАСТКА УРАЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

AGROECOLOGICAL MONITORING OF THE EXPERIMENTAL SITE OF THE URAL STATE AGRARIAN UNIVERSITY

Гусев Алексей Сергеевич, к.б.н., доцент кафедры землеустройства, ФГБОУ ВО Уральский государственный агарный университет, E-mail: a_anser@mail.ru

Варнина Валерия Андреевна, преподаватель кафедры землеустройства, ФГБОУ ВО Уральский государственный аграрный университет, E-mail: inyshevav@mail.ru

Вашукевич Надежда Викторовна, к.б.н., доцент кафедры химии, почвоведения и агроэкологии, ФГБОУ ВО Уральский ГАУ, E-mail: nadiav@bk.ru

Броницкая Софья Александровна, преподаватель кафедры землеустройства, ФГБОУ ВО Уральский государственный аграрный университет, E-mail: ledysona@mail.ru

Вяткина Галина Владимировна, к.с-х.н., доцент кафедры землеустройства, ФГБОУ ВО Уральский государственный аграрный университет, E-mail: vyatkina.galya@mail.ru

Gusev Alexey Sergeevich, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Land Management Department, Ural State Agrarian University, E-mail: a_anser@mail.ru

Varnina Valeria Andreevna, lecturer of the Department of Land Management, Ural State Agrarian University, E-mail: inyshevav@mail.ru

Vashukevich Nadezhda Viktorovna, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry, Soil Science and Agroecology, Ural State Agrarian University, E-mail: nadiav@bk.ru

Bronitskaya Sofia Alexandrovna, lecturer of the Department of Land Management, Ural State Agrarian University, E-mail: ledysona@mail.ru

Vyatkina Galina Vladimirovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Land Management Department, Ural State Agrarian University, E-mail: vyatkina.galya@mail.ru

Аннотация. В сельскохозяйственной отрасли для получения достоверной и точной информации по состоянию и использованию пахотных земель используют агроэкологический мониторинг. На сегодняшний день в сельском хозяйстве особым спросом пользуются данные дистанционного зондирования, в том числе данные, полученные при аэрофотосъемке. Одним из методов дистанционного зондирования при проведении агроэкологического мониторинга является применение беспилотных летательных аппаратов. В статье приведены результаты исследований опытных полей учебно-опытного хозяйства Уральского государственного аграрного университета на основе материалов полевого обследования почв. Представлены результаты произведенной на территории учебно-опытного хозяйства аэрофотосъемки пробных площадок. С помощью беспилотных летательных аппаратов можно выявить дефекты при посеве, а также гибель урожая после засухи или наводнения. Также применение БПЛА дает возможность создавать электронные карты полей, производить инвентаризацию сельскохозяйственных угодий, оценивать объем работ и проводить анализ их выполнения [1]. Беспилотные летательные аппараты позволяют вести оперативный мониторинг состояния посевов (строить карты по всходам), производить оценку всхожести и урожайности сельскохозяйственных культур и вести экологический мониторинг сельскохозяйственных земель [2].

Используя снимки с многоцветной камеры, можно увидеть, какие сельскохозяйственные культуры представлены на полях, проанализировать их расположение, а с помощью снимков, полученных с инфракрасной искусственной

расцветкой, специалисты высчитывают вегетационный индекс NDVI, который дает возможность давать количественную оценку состоянию растительности, как на всем поле, так и на его отдельных участках, позволяет рассчитывать урожайность и распознавать культуры. Также после расчета вегетационного индекса можно оценить всхожесть и рост растений и дать анализ продуктивности угодий [3].

Abstract. In the agricultural sector, agro ecological monitoring is used to obtain reliable and accurate information on the condition and use of arable land. To date, remote sensing data, including data obtained from aerial photography, are in particular demand in agriculture. One of the methods of remote sensing during agro ecological monitoring is the use of unmanned aerial vehicles. The article presents the results of research of experimental fields of the educational and experimental farm of the Ural State Agrarian University based on the materials of a field survey of soils. The results of aerial photography of test sites carried out on the territory of the educational and experimental farm are presented. With the help of unmanned aerial vehicles, it is possible to identify defects during sowing, as well as crop loss after a drought or flood. Also, the use of UAVs makes it possible to create electronic maps of fields, make an inventory of agricultural land, estimate the amount of work and analyze their performance [1]. Unmanned aerial vehicles make it possible to conduct operational monitoring of the state of crops (build maps by seedlings), assess the germination, yield of crops, and conduct environmental monitoring of agricultural land [2]. Using images from a multicolored camera, you can see which crops are represented in the fields, analyze their location, and with the help of images obtained with infrared artificial coloring, experts calculate the vegetation index NDVI, which makes it possible to quantify the state of vegetation, both in the entire field and in its individual areas, allows you to calculate yield and recognize crops. Also, after calculating the vegetation index, it is possible to evaluate the germination and growth of plants and to analyze the productivity of land [3].

Ключевые слова: почвы, мониторинг, пробная площадка, почвенные образцы, агроэкологическая оценка, экология, аэрофотосъемка

Keywords: soils, monitoring, test site, soil samples, agroecological assessment, ecology, aerial photography

Нарушение почвозащитных систем земледелия, отсутствие современных технологий и сельскохозяйственной техники, и как следствие деградация земель, все это является последствиями отсутствия должного контроля и мониторинга за состоянием почвенного и растительного покрова.

Почва является важнейшим ресурсом на земле, необходимость ее рационального использования закреплено во многих нормативно-правовых источниках Российской Федерации, необходимо вести контроль над использованием земельных ресурсов, предотвращать загрязнение и деградацию почв, для этих целей существуют мероприятия, осуществляемые с целью отслеживания состояния почвенного покрова. Данные мероприятия четко регламентируются федеральными законами, положениями и иными нормативно-правовыми источниками. Все эти действия позволяют более рационально распределять средства от использования земельными ресурсами, а также обеспечивают сохранность и соблюдение экологических норм по охране земельных ресурсов и окружающей среды.

На сегодняшний день необходимо систематически отслеживать изменения состояния почв, своевременно выявлять негативные процессы и стремиться предотвращать их. [11]

Работу, по агроэкологической оценке, начинали с изучения местности, поиска и анализа электронных снимков полей, почвенных карт местности, далее была проведена работа по определению исследуемых площадок. Обследование проводилось в три этапа: [4]

— подготовительный этап;

— полевой этап;

— камеральный этап.

Подготовительный этап включал в себя исследование природно-

климатических условий местности, изучение картографического материала, а также документации о ранее проводимых обследованиях, подготовку необходимого оборудования для исследования. Далее непосредственно был проведен полевой этап работ, который включал в себя обследование территории, оценку характеристики местности, выбор пробных площадок с привязкой к местности и отбор почвенных проб.

Полевые работы проводились на учебно- опытных полях Уральского ГАУ, взятие почвенных проб было произведено снескольких опытных площадок путем разбивки участка на определенное количество квадратов (количество зависит от размера площадки) и с каждого квадрата было взято по образцу. Рассмотрим процесс работы на пробной площадке 1 (рисунок 1). Далее был произведен запуск беспилотного летательного аппарата с целью получения снимков с индексом NDVI, для анализа состояния растительного покрова на пробных площадках по фазам вегетации.

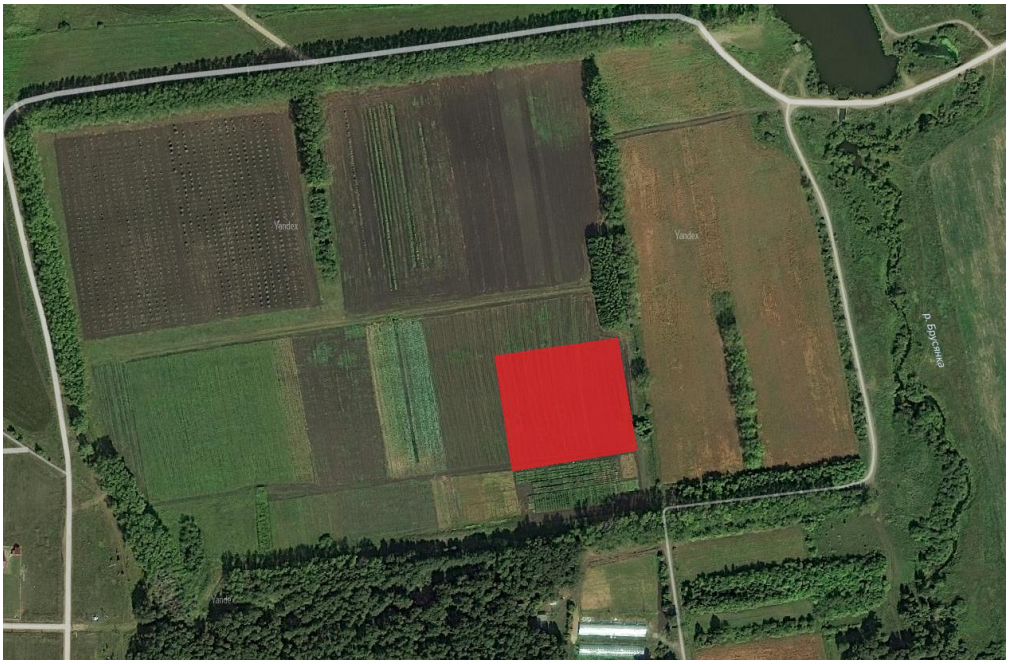

Рисунок 1. **Местоположение пробной площадки**

Камеральная обработка включала в себя сбор, систематизацию и анализ полученных данных ходе полевого этапа, была проведена подготовка проб к исследованию, а именно взвешивание, просушка и растирание почвенных

образцов, все эти действия являются подготовкой материала к исследованию и проведению необходимых анализов для определения состояния почв, также координаты площадок с GPS приемника обрабатывались для создания электронных карт полей. Заключительным этапом был составлен отчет о проделанной работе.

Перед полевыми работами в первую очередь была изучена характеристика местности, учебно-опытное хозяйство располагается на территории с умеренно континентальным климатом и имеет достаточное увлажнение, зимы продолжительные и холодные, снежный покров держится с октября по апрель, промерзание грунта до 1,5 метров. В таблице 1 приведены климатические условия района. [5]

Таблица 1. **Климатические условия Белоярского района Свердловской области**

Месяц	Максимальная температура (^{0}C)	Минимальная температура (^{0}C)	Осадки (мм)
Январь	-11	-18	26,4
Февраль	-8	-17	21,2
Март	0	-9	21,5
Апрель	+9	-1	31,1
Май	+17	+5	49
Июнь	+22	+11	73,8
Июль	+23	+13	83
Август	+20	+11	73,1
Сентябрь	+14	+6	55,2
Октябрь	+6	0	44
Ноябрь	-3	-9	35,9
Декабрь	-8	-15	27,1

Территория учебно-опытного хозяйства Уральского ГАУ (пос. Студенческий) на основании почвенно-географического районирования Свердловской области относится к Кочневскому почвенному району (0881), входит в Белоярский округ Западно-Сибирской предлесостепной почвенной провинции (рисунок 2). В составе почвенного покрова преобладают черноземы обыкновенные и серые лесные почвы. Ложбины стока и долины рек заняты луговыми и влажно- луговыми почвами, слабосточные ложбины стока и долины рек - болотными низинными торфяными почвами.

Основными факторами дифференциации почвенного покрова являются денудационно-аккумулятивные процессы на фоне литологической разнородности почвообразующего чехла. [4]

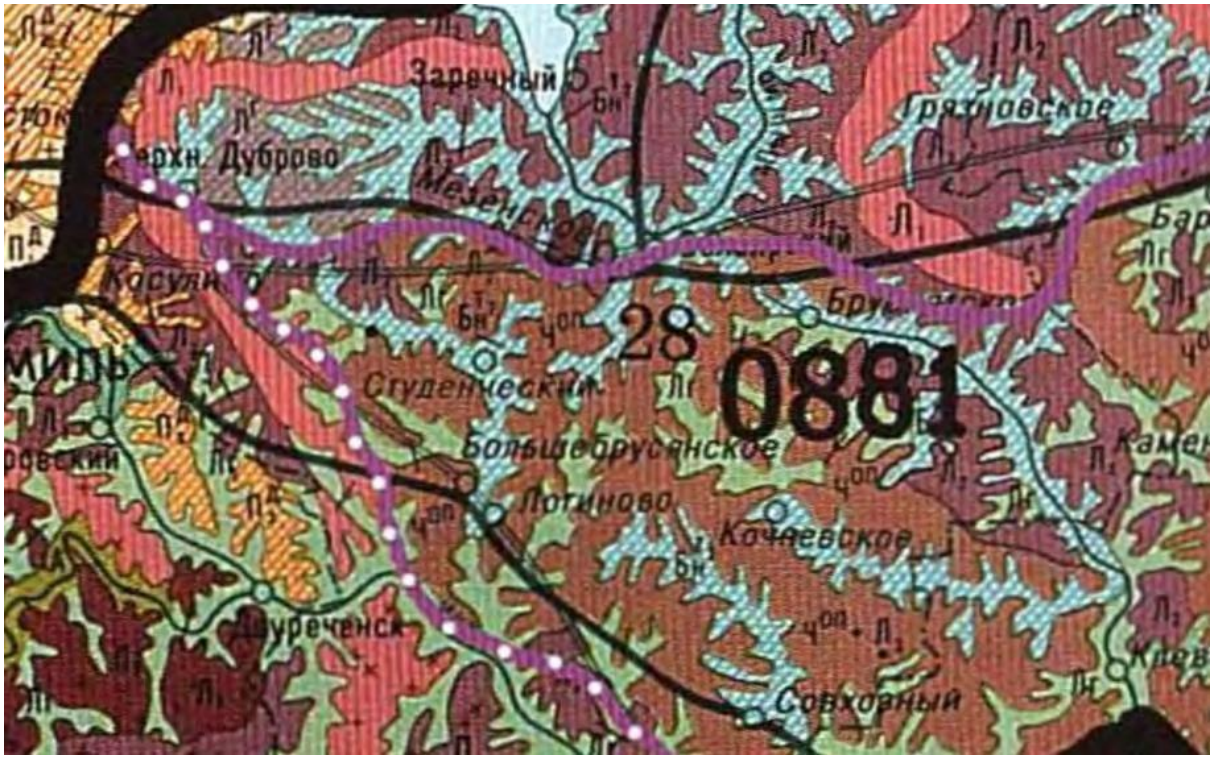

Рисунок 2. **Кочневский почвенный район на почвенно-географическойкарте Свердловской области, М 1 000 000**

На основании почвенной карты хозяйства границы пробный площадки были нанесены на растр в программном обеспечении MapInfo Pro 16.0 (рисунок 3), таким образом на основании почвенной карты, можно увидеть, что пробные площадки состоят из двух видов почв: чернозем луговой (балл бонитета 85, механических состав – глина легкая, тяжелая) и чернозем оподзоленный среднемощный (балл бонитета 95, механический состав – суглинок тяжелый).

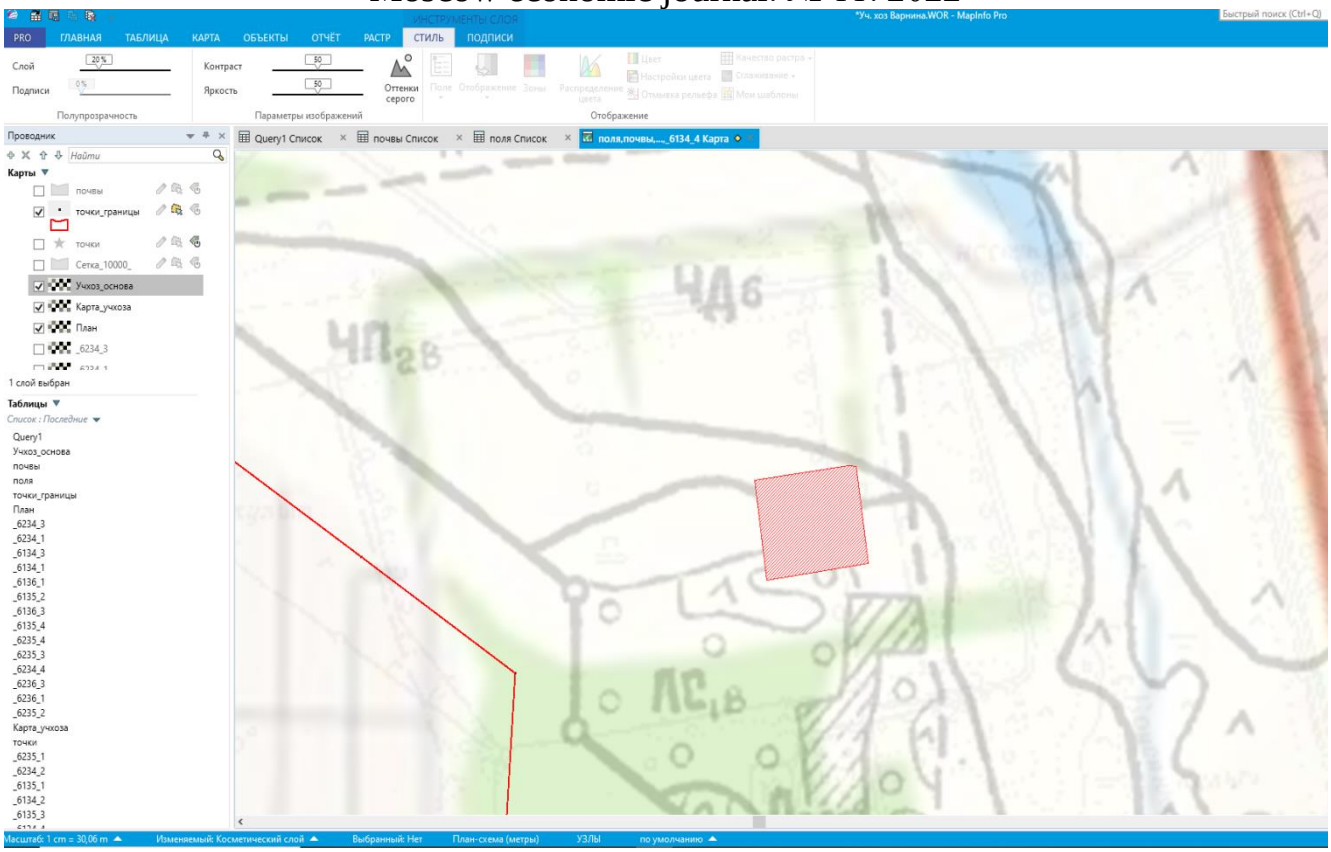

Рисунок 3. **Нанесение границ пробных площадок на почвенную карту хозяйства в программном обеспечении MapInfo Pro 16.0**

Пробная площадка 1 представляет из себя участок, который находился под закладкой опытных делян факультета агротехнологий и землеустройства, выращивалась озимая рожь. В настоящее время часть поля занята сорной растительностью, а также запаханными пожнивными остатками. Работы по отбору и анализу почвенных образцов на данном участке ведутся третий год, ранее почвенное обследование проводилось в 2018 и 2019 годах и крайний раз образцы были отобраны летом 2021 года. Первым делом была произведена разбивка площадки на квадраты 15х15 метров, таким образом получилось 20 квадратов. (рисунок 4). [6, 7]

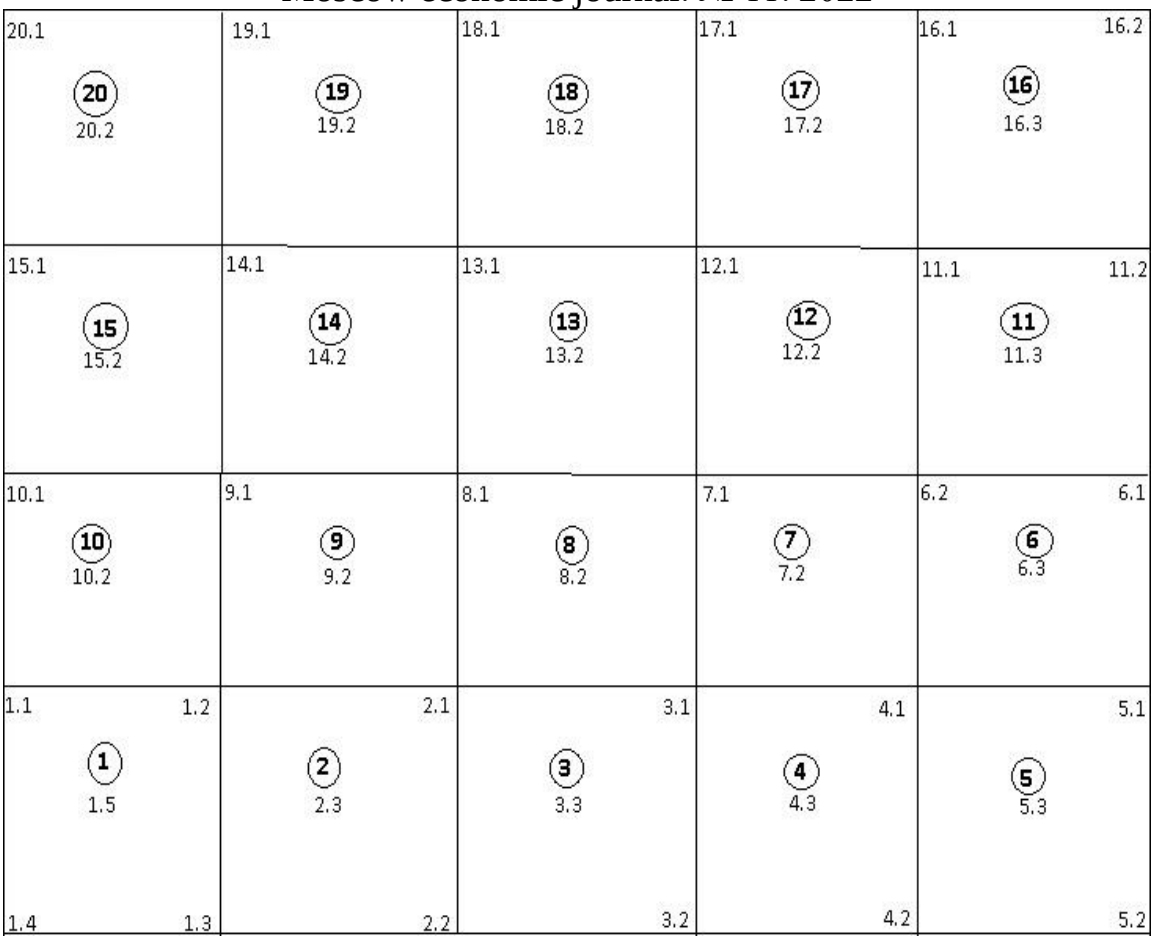

Рисунок 4. **Схема разбивки на квадраты пробной площадки 1**

В каждом квадрате были отобраны смешанные образцы почв пахотного горизонта методом конверта, а также пробы (в 3-х кратной повторности) для определения плотности твердой фазы почвы и полевой влажности почвы. Параллельно измерялась температура почвы на глубине 0-10 см. В камеральных условиях было произведено взвешивание образцов в сыром виде и раскладка на высушивание до воздушно-сухого состояния. С помощью портативного прибора pH - 300 в каждом квадрате были произведены следующие замеры: pH почвы, температура и влажность. Работы по вычислению координат точек велись по часовой стрелке. Координаты смежных углов не дублируются, определяются аналогично предыдущему квадрату. Цифра в середине, выделенная в круге – номер квадрата. Значение, находящиеся под номером квадрата – координата, определенная в середине квадрата. Кроме координат определялись высоты точек над уровнем моря с помощью приложения «Данные GPS».

В таблице 2 данные по весу и влажности почвенных образцов с площадки.

Таблица 2. **Расчеты по почвенным пробам с площадки 1**

№ образца	Вес влажной почвы, г	Вес сухой почвы, г	Вес воды, г	Плотность твердой фазы	% влажности dv	Ph
1	388,4	324,2	64,2	1,98	19,8	7
2	365	300,6	64,4	1,83	20,8	7
3	377	312	65	1,90	20,8	6,5
4	397,8	329,6	68,2	2,01	20,7	7
5	408,8	340	68,8	2,07	20,2	7
6	372,6	310,8	61,8	1,89	19,9	7
7	347,4	282,4	65	1,72	23	7
8	400	323,4	76,6	1,97	23,7	7
9	359	296,2	62,8	1,80	21,2	6,5
10	363,4	305	58,4	1,86	19,4	7
11	369,2	298,8	70,4	1,82	23,6	6,5
12	352,4	281,8	70,6	1,71	25,1	7
13	341,1	272,4	68,7	1,66	25,2	6
14	362,6	297,4	65,2	1,81	21,9	6,5
15	322,8	264,6	58,2	1,61	21,9	7
16	467,8	382,6	85,2	2,33	22,3	7
17	389,2	306	83,2	1,86	27,2	7
18	411,2	339	72,2	2,06	21,3	6,5
19	369,8	317,6	52,2	1,93	16,4	7
20	336,6	274,8	61,8	1,67	22,5	6,5

Параллельно с данным методом, был проработан метод дистанционного полевого обследования. При помощи беспилотного летательного аппарата были получены снимки состояния полей с индексом NDVI. NDVI (Нормализованный вегетационный индекс). Числовой показатель качества и количества растительности на участке поля. Он рассчитывается по спутниковым снимкам и зависит от того, как растения отражают и поглощают световые волны разной длины. Но необходимо понимать, NDVI — это индикатор состояния растения, который ничего не говорит о причинах той или иной ситуации. Это скорее подсказка о том, что происходит на поле. Снимки были сделаны за май, июнь, июль и август 2021 года (рисунок 5,6,7,8).

Рисунок 5. **Динамика индекса вегетации (NDVI) для опытных полей УральскогоГАУ (май)**

Рисунок 6. **Динамика индекса вегетации (NDVI) для опытных полей УральскогоГАУ (июнь)**

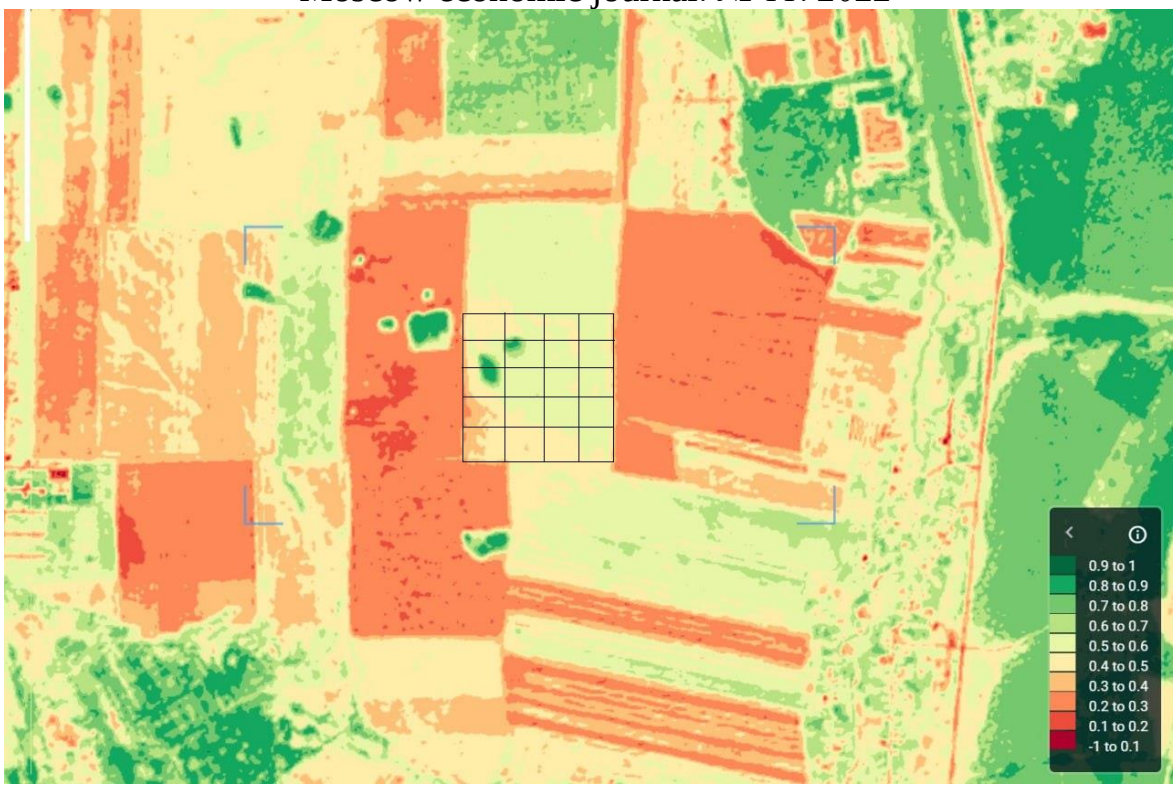

Рисунок 7. **Динамика индекса вегетации (NDVI) для опытных полей УральскогоГАУ (июль)**

Рисунок 8. **Динамика индекса вегетации (NDVI) для опытных полей УральскогоГАУ (август)**

Благодаря совокупности оперативных агротехнологических наблюдений (съемка цветной камерой, съемка опытных полей в формате NDVI) можно просматривать положительную и отрицательную динамику земель, изменения в качественных и количественных состояниях земель опытных полей, предупредить и устранить результаты негативных процессов, следить за состоянием растительности сельскохозяйственных угодий, а также разработать рекомендации по повышению плодородия земель. [9]

Изучая снимки с беспилотных летательных аппаратов можно найти различные дефекты, которые были получены при посеве, также выявлять гибель урожая после засухи или наводнения. На рассмотренных снимках были описаны различные особенности и состояния опытных полей Уральского ГАУ. В таблице 3 представлен индекс по квадратам за период май-август.

Таблица 3. **Динамика индекса вегетации (NDVI) для пробной площадки**

№ кв.	Май	Июнь	Июль	Август
1	0,6	0,8	0,5	0,2
2	0,6	0,8	0,5	0,2
3	0,6	0,9	0,5	0,2
4	0,6	0,9	0,5	0,1
5	0,7	0,9	0,6	0,2
6	0,8	0,9	0,6	0,1
7	0,6	0,9	0,5	0,2
8	0,6	0,9	0,5	0,1
9	0,8	0,9	0,3	0,2
10	0,6	0,9	0,5	0,1
11	0,6	0,9	0,5	0,2
12	0,6	0,9	0,5	0,1
13	0,5	0,8	0,3	0,1
14	0,6	0,8	0,5	0,1
15	0,6	0,9	0,5	0,1
16	0,6	0,9	0,5	0,1
17	0,5	0,8	0,3	0,1
18	0,5	0,8	0,5	0,1
19	0,6	0,9	0,5	0,1
20	0,6	0,9	0,5	0,1

Съемка опытного участка многоцветной камерой показала, что посевы представлены довольно разнообразными видами культур. Часть участка представлена посадками и производственными посевами. Между посевами и

посадками вдоль всего участка расположены защитные насаждения. Снимки формате NDVI показывают пестроту участка, на нем прослеживаются зеленые, красные и желтые цвета. Чем зеленее цвет на снимке, тем плотнее располагаются посевы. Съемка Заречного участка в формате NDVI показывает, что в мае на участке умеренная растительность, к июню активная густая растительность и к августу на поле открытая почва.

На юге опытного сада интенсивность зеленого цвета выше по сравнению с северной частью, что говорит о том, что условия произрастания плодовых деревьев в северной части лучше, чем в южной.

Из недостатков NDVI — при достижении определённого порога развития растения индекс теряет чувствительность. Иными словами, если растение развивается очень активно, то по NDVI нельзя отличить аномально зелёное растение от «обычного» зелёного. Ну и как со всеми остальными индексами, их точность зависит от погоды: если над каким-то полем долгое время висят облака, то спутниковый снимок будет неточным. [10]

Для грамотной организации проведения мониторинговых работ с применением методов дистанционного зондирования был составлен план проведения мониторинга опытных полей учебно-опытного хозяйства. В начале сезона определяется как перезимовало растение, в середине сезона определяется как развиваются растения на исследуемых участках и также индекс может использоваться для программирования урожайности на том или ином исследуемом участке и к концу сезона определяются поля, готовые к уборке. При помощи снимков и спрограммировав урожай опытного участка, можно создать электронные карты со всеми необходимыми показателями опытных участках, в последующем использовать данную информацию как электронную базу опытных полей хозяйства, где будет отражаться вся необходимая информация о почвах, урожайности, состоянии поля и посевах.

Таким образом необходимо уделять особое внимание состоянию почвенного и растительного покрова на стационарных участках полей. В качестве одного из показателей, характеризующих такое состояние предлагается

использовать результаты дистанционного зондирования территории и в частности индекс NDVI на посевах в течении вегетационного периода. Данный метод мониторинга состояния сельскохозяйственных земель позволяет определить различные данные о состоянии пахотных угодий в разное время года, однако при проведении полевого землеустроительного обследования для получения более точных данных о причинах тех или иных процессов на территории сельскохозяйственных угодий необходимо проводить и агрохимическое обследование почвы. [12]

Список источников

1. Книжников Ю. Ф. Принцип множественности в современных аэрокосмических методах и способы дешифрирования серии снимков при сельскохозяйственных исследованиях [Текст] / Книжников Ю. Ф., Кравцова В. И. // Аэрокосмические методы в почвоведении и их использование в сельском хозяйстве. - М.: Наука, 2009 - с. 47-54.
2. Вернюк Ю.И. Опыт комплексного применения беспилотных и сверхлегких пилотируемых летательных аппаратов, систем глобального позиционирования и геоинформационных систем для исследования, картографирования и мониторинга почвенного и растительного покрова хозяйств [Текст] / Вернюк Ю.И., Анисимов К.Б., Гайдаров К.А., Дрожжин О.В., Клещенко М.М., Кузин А.В., Нагорный В.Д., // Инновационные процессы в АПК. - М., 2013. С. 423-428.
3. Почвенно-экологический мониторинг земель сельскохозяйственного назначения (на примере уссурийского городского округа и михайловского муниципального района приморского края) [Текст] // "Агроэкология" - Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2009 - № 3 - С. 18-21.
4. Гафуров, Ф. Г. Почвы Свердловской области Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2008. - 396 с.
5. Городской округ Заречный [Электронный ресурс]//Официальный сайт правительства Свердловской области. Режим доступа: https://midural.ru/100034/100089/mu_leaders/document2352/
6. ГОСТ 17.4.3-83 Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб

[Электронный ресурс] Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: https://docs.cntd.ru/document/ 1200012800

7. ГОСТ 17.4.4-84 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки пробдля химического, бактериологического и гельминтологического анализа [Электронный ресурс] Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: https://docs.cntd.ru/document/ 1200005920

8. ГОСТ 27593-88 Почвы. Термины и определения [Электронный ресурс] Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200007341

9. Кирюшин, В. И. Агроэкологический мониторинг земель, новые требования и методология [Электронный ресурс] / Известия ОГАУ. 2007. №15-1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/agroekologicheskiy- monitoring-zemel-novye-trebovaniya-i-metodologiya

10. Петушков, А.В. Спутниковые системы и технологии позиционирования Санкт- Петербург: НОИР, 2018, -88 с.

11. Родин Н. А., Иванова Т. Н. Динамика показателей плодородия почв по результатам агрохимического мониторинга [Электронный ресурс] Достижения науки и техники АПК. 2017. № 5. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/dinamika-pokazateley-plodorodiya-pochv-po-rezultatam-agrohimicheskogo-monitoringa/viewer

12. Шеуджен, А.Х. Агрохимическое обследование почв и составление картограмм Краснодар: КубГАУ, 2017. – 44 с.

References

1. Knizhnikov Yu. F. The principle of multiplicity in modern aerospace methods and methods of decoding a series of images in agricultural research [Text] / Knizhnikov Yu. F., Kravtsova V. I. // Aerospace methods in soil science and their use in agriculture. - M.: Nauka, 2009 - pp. 47-54.

2. Vernyuk Yu.I. Experience of complex application of unmanned and ultralight manned aircraft, global positioning systems and geoinformation systems for research, mapping and monitoring of soil and vegetation cover of farms [Text] / Vernyuk Yu.I.,

Anisimov K.B., Gaidarov K.A., Drozhzhin O.V., Kleshchenko M.M., Kuzin A.V., Nagorny V.D., // Innovative processes in agriculture. - M., 2013. pp. 423-428.

3. Soil and ecological monitoring of agricultural lands (on the example of the Ussuri urban district and the Mikhailovsky municipal district of Primorsky Krai) [Text] // "Agroecology" - Bulletin of the Altai State Agrarian University, 2009 - No. 3 - pp. 18-21.

4. Gafurov F G 2008 Soils of the Sverdlovsk region (Yekaterinburg: Ural Un-ty Publishing House) 396.

5. Zarechny City District [Electronic resource]//The official website of the government of the Sverdlovsk region. Access mode: https://midural.ru/100034/100089/mu_leaders/document2352/

6. GOST 17.4.3-83 Nature protection. Soils. General requirements for sampling.

7. GOST 17.4.4-84 Nature protection. Soils. Methods of sampling and preparation of samples for chemical, bacteriological, and helminthological analysis.

8. GOST 27593-88 Soils. Terms and definitions [Electronic resource] Electronic fund of legal and regulatory and technical documents. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200007341

9. Kiryushin V I 2007 Agroecological monitoring of lands, new requirements and methodology [Electronic resource] *Bulletin of the OSAU* **15-1** Access mode: https://cyberleninka.ru/article/n/agroekologicheskiy-monitoring-zemel-novye-trebovaniya-i-metodologiya

10. Petushkov, A.V. Satellite systems and positioning technologies St. Petersburg: NOIR, 2018,.-88 p.

11. Rodin N A, Ivanova T N 2017 Dynamics of soil fertility indicators based on the results of agrochemical monitoring [Electronic resource] Achievements of science and technology of the agro-industrial complex 5 Access mode: https://cyberleninka.ru/article/n/dinamika-pokazateley-plodorodiya-pochv-po-rezultatam-agrohimicheskogo-monitoringa

12. Sheudzhen, A.H. Agrochemical soil survey and mapping Krasnodar: KubGAU, 2017. – 44 p.

Для цитирования: Гусев А.С., Варнина В.А., Вашукевич Н.В., Броницкая С.А., Вяткина Г.В. Агроэкологический мониторинг опытного участка уральского государственного аграрного университета // Московский экономический журнал. 2022. № 11. URL: https://qje.su/nauki-o-zemle/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-11-2022-66/
© Гусев А.С., Варнина В.А., Вашукевич Н.В., Броницкая С.А., Вяткина Г.В., 2022.
Московский экономический журнал, 2022, № 11.