



ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

ШКОЛА №1852

**МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ПОЧВ НА ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРАЛЬНО-
ЧЕРНОЗЕМНОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЙОНА РОССИИ ПО ДАННЫМ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ**

Работу выполнил: Швайгхофер Евгений Ханнесович, 10 класс

Преподаватели:

Синицина Анна Николаевна, преподаватель ДТ Альтаир
и Большакова Мария Михайловна, учитель биологии и экологии

Москва, 2024

Оглавление

Оглавление	2
Введение	3
Теоретическая часть.....	4
Методы и материалы.....	8
Практическая часть.....	9
Заключение	18
Список литературы	19

Введение

Почва – это биокосное тело природы, которое формируется в течение длительного времени в верхней части литосферы в результате взаимодействия горных пород, рельефа, климата, почвенно-грунтовых вод, растений, животных, деятельности человека и обладает плодородием [1]. Почва претерпевает постоянные изменения в результате антропогенных факторов, одним из которых является сельскохозяйственная деятельность. Важные качественные показатели почвы - засоленность, плодородность, увлажненность.

Состояние почв – это важный идентификатор состояния окружающей среды, а именно идентификатор экологического режима земель.

Благополучное состояние почв является неотъемлемым фактором для ряда стран. Одна из стран, для которой важно состояние почв, - Россия. В России находится около 9% всех продуктивных земель в мире, а производимый объём сельскохозяйственной продукции составляет 2%.

На примере Центрально-Чернозёмного экономического района будет проводиться мониторинг определённых территорий.

Цель - создание пространственной модели для оценки состояния почв по данным дистанционного зондирования земли, включающей методику контроля геохимических загрязнений.

Задачи:

1. Описать географическое положение, физико-географические особенности исследуемой территории, основные типы почв и их распространение, экологическую обстановку в регионе исследования.
2. Описать основные подходы к изучению почвенных характеристик по данным дистанционного зондирования. Изучить методы физического мониторинга геохимических загрязнений, а также возможности использования ДЗЗ в области.

3. Выполнить подбор данных для тематического дешифрирования: спутниковые снимки с двух съемочных систем, тематические карты. Осуществить дешифрирование почвенных ресурсов территории. Проанализировать взаимосвязь результатов дешифрирования и геохимических загрязнений почв. На основании результатов создать тематические картографические материалы.
4. Выполнить дешифрирование состояния почвенных ресурсов территории (потом напишу), с использованием двух съемочных систем. Проанализировать взаимосвязь результатов дешифрирования и загрязнений почв. Создать тематические карты.
5. Предложить методику контроля всесезонного состояния почв по данным ДЗЗ с интеграцией мониторинга геохимических загрязнений.

Гипотеза - Методика оценки состояния почв по данным ДЗЗ позволит ускорить процесс экологического контроля состояния территории

Теоретическая часть

Центрально-Чернозёмный экономический район (ЦЧЭР) - Входит в состав Центрального федерального округа и включает в себя 5 субъектов: Белгородскую, Курскую, Воронежскую, Тамбовскую и Липецкую области. Также граничит с ведущим промышленным и экономически развитым районом страны, Центральным, и удобно расположен по отношению к топливно-энергетическим базам Поволжья, Северного Кавказа, Донбасса и Украины. Территория района находится на водоразделе, по верхнему течению рек Оки, Дона и Сейма (приток Десны), Северского Донца. Западная часть района находится на Среднерусской возвышенности, средняя — на Окско-Донской низменности. Особенность современного рельефа — большое количество оврагов, чему способствовали как природные факторы (Днепровское оледенение), так и социально-экономические (массовая вырубка лесов, использование почвенного ресурса и других)[2]. Территория составляет 167,7 тыс. кв. км, а население 7,9 миллионов, где 39% вовлечено в сельское хозяйство. Данная территория богата природными ископаемыми. Например, железной рудой Курской магнитной аномалии, месторождениями огнеупорных глин, металлургических доломитов, медно-никелевых

руд, бокситов и отдельными видами минерально-строительного сырья. В настоящий момент на территории преобладает чернозёмная почва с гумусом от 4 - 6 до 10 – 12 % и мощностью горизонта в отдельных районах до 120 – 130 см[3]. Общая площадь чернозёмных почв составляет 10846,5 Га. Но также присутствуют и другие типы почв, такие как серые и темно-серые лесные почвы, общая площадь их составляет 1330,9 га. Всё остальное – это лугово-пойменные почвы. ЦЧЭР является одним из главных агрономических районов России, в связи с этим идёт достаточно сильная деградация земель и эрозия почв[4].

Чтобы не допустить деградацию почв, в науке применяют физическое исследование почв, которое основано на определённых методах. У методов есть общие показатели, а именно кислотность, влажность и тепловой режим почв.

- Кислотность почвы – способность почв нейтрализовать растворы с щелочной реакцией и подкислять воду и растворы нейтральных солей[5].
- Влажность почвы - это содержание воды в почве[6].
- Тепловой режим почв — совокупность и последовательность всех явлений поступления, перемещения, аккумуляции и расхода тепла в почве на протяжении определённого отрезка времени[7].

При проведении исследований температурного режима почвы и ее теплофизических свойств следует принимать во внимание следующие особенности проведения полевых работ. Поскольку любой термометр измеряет свою собственную температуру, необходимо следить, чтобы во время проведения измерений датчик находился в состоянии термодинамического равновесия с почвой. Чаще всего первый датчик устанавливается как можно ближе к поверхности почвы, но с учетом минимизации внешних факторов. Последующие датчики ставят на глубинах от 5 до 100 см с определенным интервалом. Для проведения измерений на глубинах свыше 1 м устанавливают термометры с шагом 50 см и больше. Исследуя суточные температурные колебания, проводят ежечасные измерения температуры почвы; измерения сезонной динамики проводят раз в две недели, годовые изменения температурных явлений являются следствием анализа сезонных изменений[8].

Одним из ключевых методов оценки влажности являются методы, связанные с разделением почвы на сухое вещество и влагу. Этот метод включает в себя измерение влагосодержания и влажности путем соотношения масс. Влагосодержанием называют абсолютную влажность, а под влажностью понимают относительную влажность. Полученная величина в обоих случаях является безразмерной. Влагосодержание высчитывается следующим уравнением: $V = \frac{M_{H_2O}}{M_{\text{сух.почв}}}$; где M_{H_2O} - масса воды, кг; $M_{\text{сух.почв}}$ - масса сухой почвы, кг[9].

Водородный показатель (рН) – мера активности ионов водорода в растворе, рН количественно выражает кислотность среды. Оценка кислотности почв чаще всего производится путем забора почвенных проб и оценки химических реакций с определенными реагентами, поэтому данный метод невозможен без полевых исследований. [10, 11]

Физические методы позволяют получить самые актуальные данные. Но не у всех людей есть возможность сделать это практически. Ведь физические методы занимают достаточно большое количество времени в жизни человека, что не позволяет успешно делать любые проекты в срок. Чтобы решить данную проблему, можно использовать группу людей, находящихся рядом с тем местом, которое интересует человека, но зачастую такой метод выходит очень дорогим. Одно лишь содержание группы людей на определённой местности может выйти под большую сумму. Такой вариант устроит не всех, также для решения проблемы можно использовать данные ДЗЗ на территории, которая нужна человеку.

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) – метод получения информации об объекте или явлении без непосредственного физического контакта с данным объектом. Путем дешифрования самого объекта и анализа величин, которые можно получить со снимков объекта или явления.

Дешифрирование - это процесс распознавания объектов, их свойств и взаимосвязей по их изображениям на снимках.

ДЗЗ имеет ряд достоинств и недостатков перед практико-физическим исследованием.

Ключевым преимуществом является доступность данных ДЗЗ перед исследованиями, связанными физическим контактом с объектом, это обуславливается тем, что данные со спутников являются удаленным методом и требуют намного меньших физических затрат. Одним из ключевых факторов, которые обуславливают высокую рентабельность, является большое количество съемочных систем, обладающих определенной периодичностью съемки. Также стоит вопрос о более низкой стоимости съемки, ведь в отличие от полевых видов исследований, ДЗЗ за счет своей специфики будет в несколько раз более доступным для коммерческих решений в сравнении с самими полевыми исследованиями. Также одним из плюсов ДЗЗ является актуальность данных, которые оно выпускает, это напрямую связано с периодичностью и наличием различных схожих съемочных систем. В случае с практико-физическим исследованием нужно организовывать полевой выезд, забирать пробы и выполнять физические исследования, для этого собирается группа профильных специалистов, таких как почвовед, биолог, химик, эколог и иных специалистов сферы, которым необходимо создать разнообразные условия, необходимые для размещения специалистов на местности.

Однако у методов, включающих в себя дистанционное зондирование, тоже есть ряд недостатков, одним из которых могут являться факторы, усложняющие возможность дешифрирования самого объекта со спутника, например, облачность, Также данные ДЗЗ всегда искажены в связи с влиянием внешних факторов

Для почв ДЗЗ будет являться первичным инструментом для определения их состояния. Если встает вопрос о необходимости получения более точных данных об объекте, то надо обратиться к физико-практическим методам исследования объекта.

В данных ДЗЗ применяют такие индексы, как NDVI и SAVI. Ключевым из них выделяют NDVI, так как его вывели ещё в 1974 г. Индекс показал себя достаточно

стабильным и прогностическим. NDVI вытекает из научного понимания того, как растения отражают (или не отражают) свет разных длин волн. Ключевыми являются два диапазона (красный и ближний инфракрасный). Сначала рассмотрим свет с длиной волны равной 625-720 нм(красный): если направить его на растение, его небольшая часть отразится обратно, потому что хлорофилл (как и любое зеленое вещество) поглощает его не полностью. А свет с длиной волны ближе к инфракрасному будет отражаться из-за особенности организации клеток растений. Следовательно, если измерять количество красного света, который отражается обратно, измеряется “зеленоватость”. Также индекс имеет пару нюансов, которые надо учитывать перед его использованием. Например, если взять участок земной поверхности, который имеет неравномерное распределение зеленой массы растительности, где индекс NDVI будет равен, условно, 0.21, то, в случае, когда пойдет дождь, почва потемнеет, так как частицы воды будут обволакивать гранулы почвы, отражение света будет интенсивнее, также частицы воды станут больше отражать красного и инфракрасного, а от этого почвы будут становиться темнее и будет расти индекс, хотя растительность остается в таком же количестве.

Методы и материалы

В рамках данной работы был проведён анализ почв с использованием индексов:

1. NDVI - Нормализованный разностный вегетационный индекс.
2. SAVI - Индекс растительности, который минимизирует влияние яркости почвы с помощью коэффициента коррекции яркости почвы.

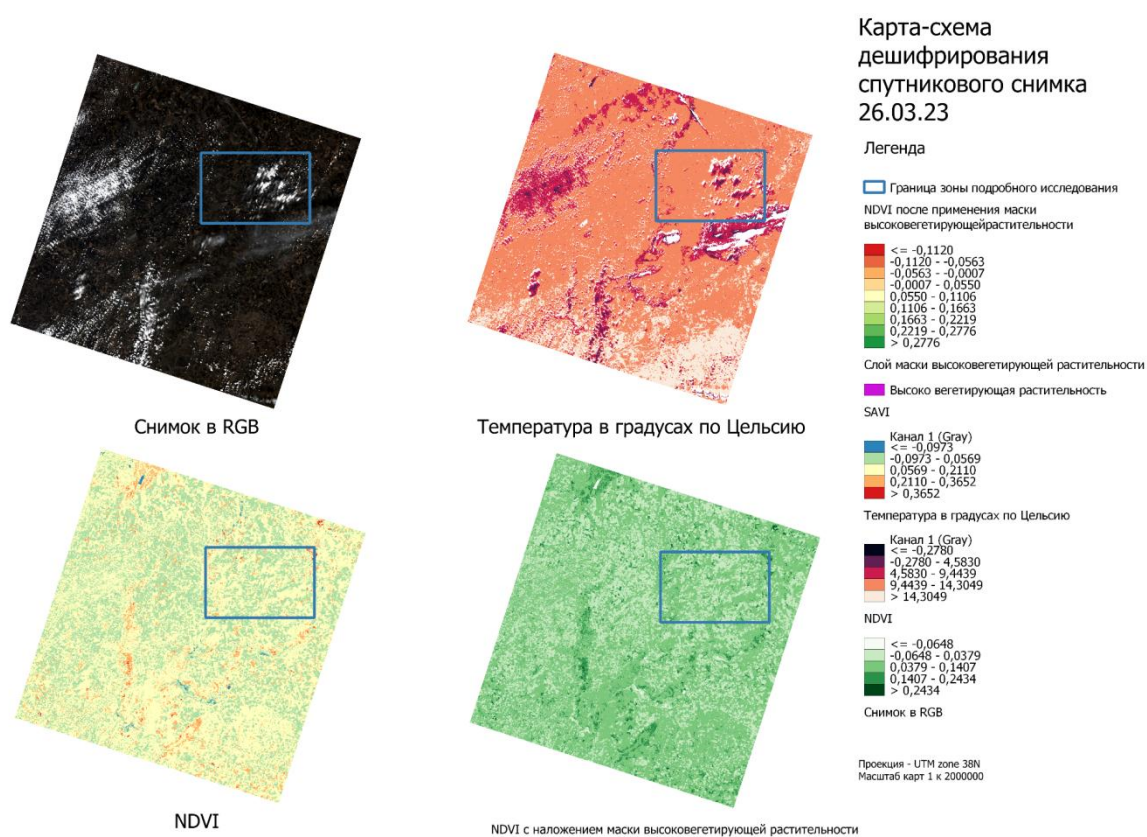
Снимки со спутников анализировались с помощью программного обеспечения QGIS Desktop 3.28.14

Для анализа была выбрана территория, на которую меньше всего повлияли внешние факторы среды и там, где постройка индексов необходима для определения состояния почв. Смежными оказались снимки за май и август, они покрывают одну и ту же территорию, а также смежными оказались снимки за март и октябрь. Снимки со спутника Landsat-8-9 collection 2 level 1 были взяты с открытого источника EarthExplorer. Для наиболее точного описания методики

решено было взять за 2023 год в определенные временные периоды. А именно: 26 марта, 4 мая, 16 августа и 4 октября, так как в эти дни снимки были максимально четкие и не имели помех в изображении. Это позволило провести максимально точные измерения над местностью. Для работы в проект также была привязана карта почв на территории Воронежской области для определения типов почв региона.

Данные методы помогают визуализировать информацию о состоянии почвы и в принципе всей местности.

Практическая часть



Карта-схема дешифрирования спутникового снимка на территории выбранного участка 26.03.23

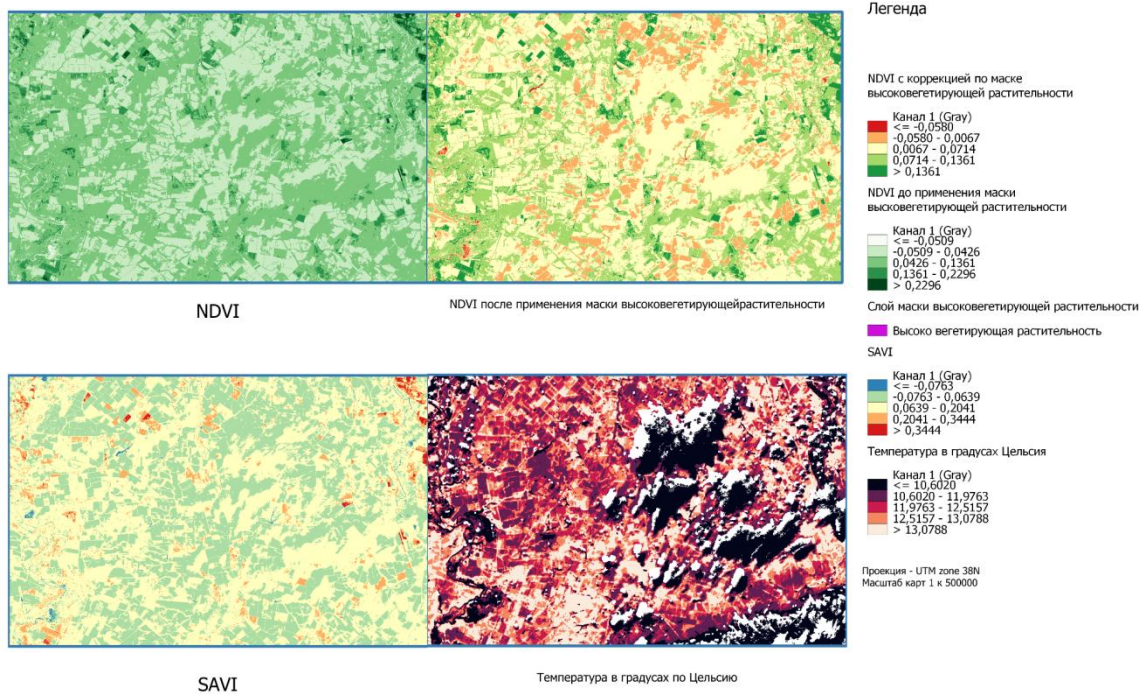
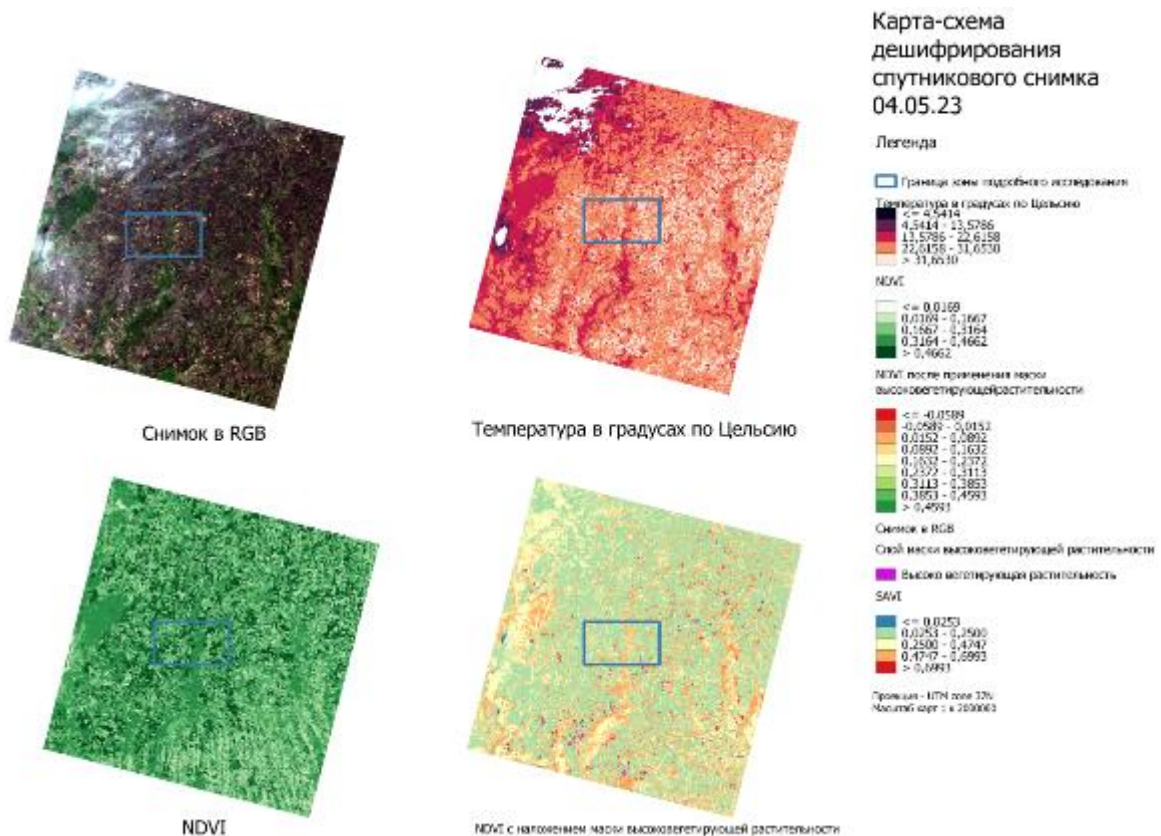


рисунок 1 - карта-схема дешифрирования спутникового снимка 26.03.2023

рисунок 2 - карта-схема дешифрирования снимка на выбранном участке

26.03.2023



В марте месяце по данным ДЗЗ хорошо видно, что поля имеют низкий уровень вегетации растений. Тепловое излучение почв на данной территории не имеет сильных колебаний, поэтому индексы на данный момент времени имеют низкие значения. Следовательно, растения только подходят к вегетационному периоду. Снимки на данный период обладают плотной облачной дымкой, потому что климатические условия на территории в весенний и осенний период характеризуются преобладанием циклонических воздушных масс, принесенных восточным ветропереносом с Атлантики, поэтому на данном снимке невозможно равномерно оценить качество почв.

Карта-схема дешифрирования спутникового снимка на территории выбранного участка 04.05.23

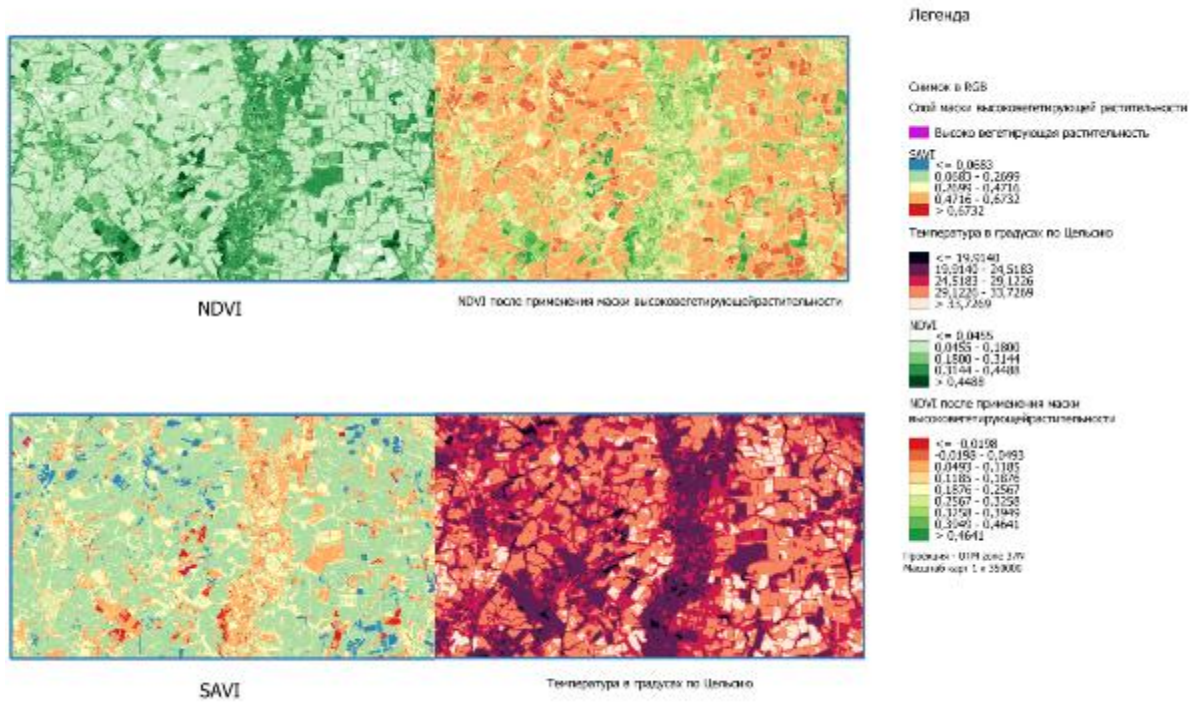
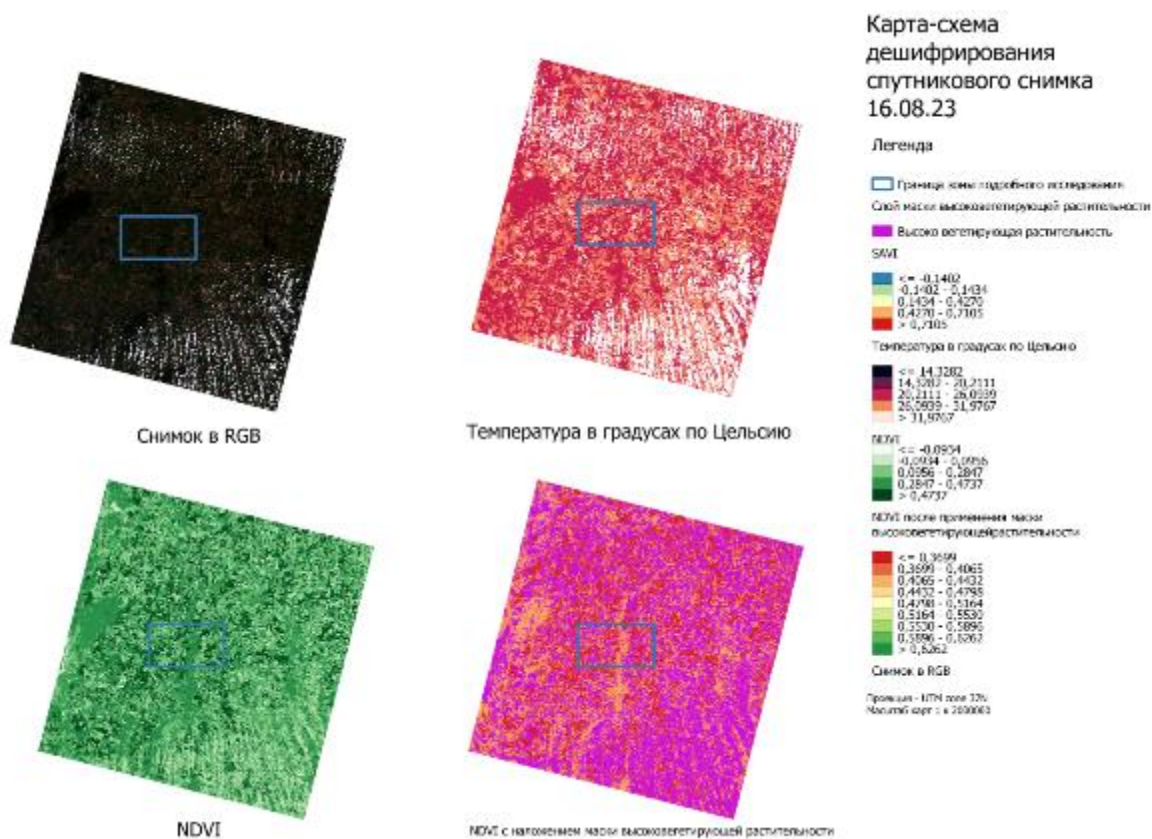


рисунок 3 - карта-схема дешифрирования спутникового снимка 04.05.2023

рисунок 4 - карта-схема дешифрирования снимка на выбранном участке 04.05.2023

В мае месяце, в отличие от марта, начинается достаточно явный градиент в температурном режиме почв, что может негативно сказываться на их состоянии. Постепенно растения переходят в вегетационный период, о чём говорят индексы NDVI и SAVI. На индексах четко визуализируются участки с низкими показателями индексов вегетации, при этом окружающая их территория высоко вегетирует, это значит, что на данном участке произошла почвенная деградация и данный участок требует полевого исследования. Этот период является самым информативным для оценки качества почв, так как озимые культуры вошли в фазу вегетации, а яровые культуры уже начинают набирать зеленую массу, что дает информативности индексам, поэтому в данный период можно четко визуализировать, какие поля какой культурой засеяны, какие оставлены под пар.

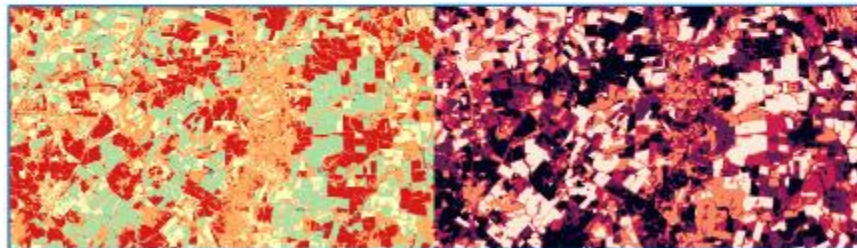


Карта-схема дешифрирования спутникового снимка на территории выбранного участка 16.08.23



NDVI

NDVI после применения маски высоковетерующей растительности



SAVI

Температура и влажность по Цельсию

Легенда

Слой маски высоковетерующей растительности

Высоко ветерующая растительность

Снимок в RGB

SAVI

≤ 0,0521
 0,0523 - 0,2741
 0,2741 - 0,4958
 0,4958 - 0,7175
 > 0,7175

NDVI

≤ 0,0338
 0,0338 - 0,1254
 0,1254 - 0,2169
 0,2169 - 0,3085
 > 0,3085

NDVI после применения маски высоковетерующей растительности

Канал 1 (216x)

≤ 0,3918
 0,3919 - 0,4905
 0,4905 - 0,5090
 0,5090 - 0,5676
 > 0,5676

Температура в градусах по Цельсию

≤ 23,4471
 23,4471 - 24,7235
 24,7235 - 26,3574
 26,3574 - 28,3325
 > 28,3325

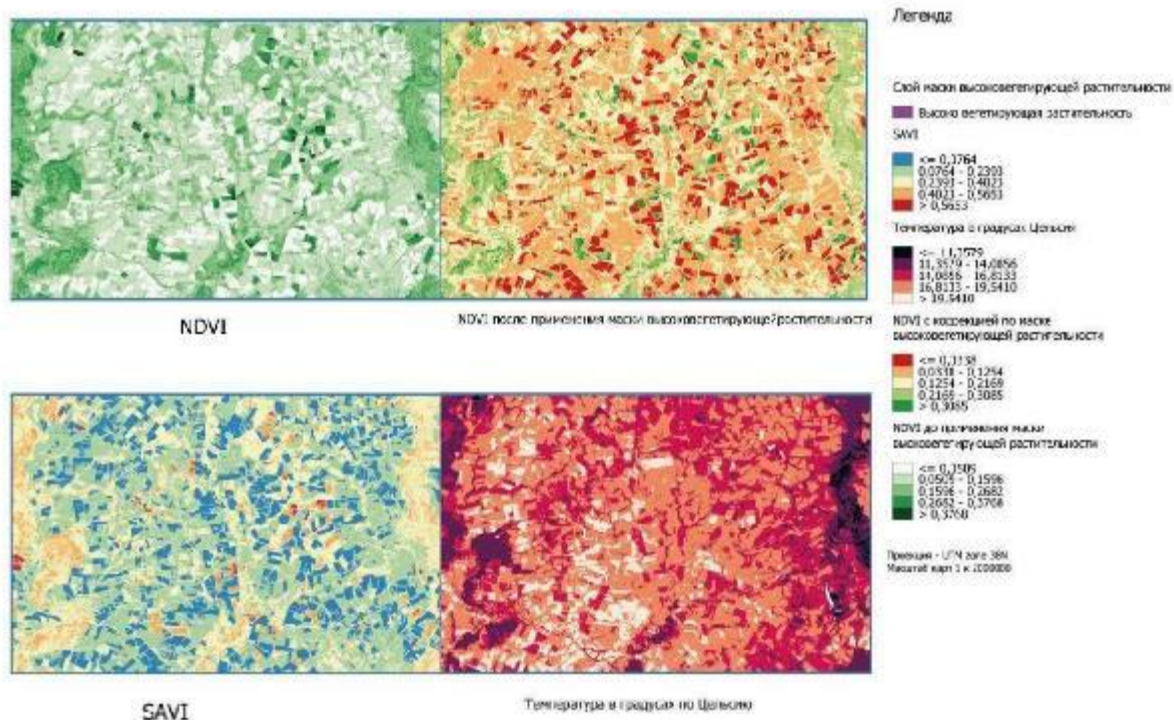
Площадь - 0,01 гектара 1:6
Резолюция 1 × 100000

рисунок 5 - карта-схема дешифрирования спутникового снимка 16.08.2023

рисунок 6 - карта-схема дешифрирования снимка на выбранном участке
16.08.2023

В августе у растительности прошла максимальная точка вегетации, о чём репрезентуют индексы NDVI и SAVI. Также, за счет достаточно стабильных показателей теплового излучения, можно сказать, что большая часть почв подходят для посева семян в следующем году, а также то, что почва остаётся плодородной и не имеет высоко антропогенного воздействия. Однако, данный сезон хорошо использовать для идентификации районов засоления почвы согласно данным по стокам овражно-балочной сети.

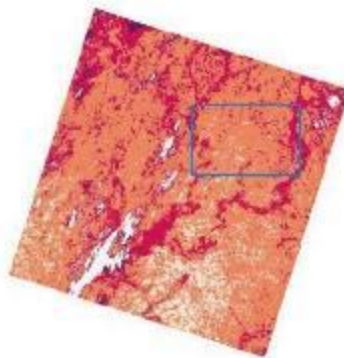
Карта-схема дешифрирования спутникового снимка на территории выбранного участка 04.10.23



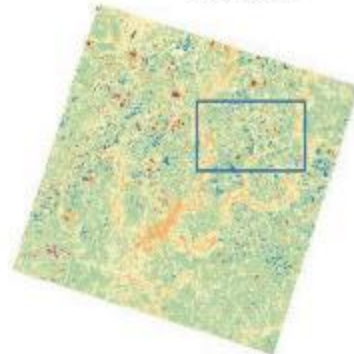
Карта-схема дешифрирования спутникового снимка 04.10.23



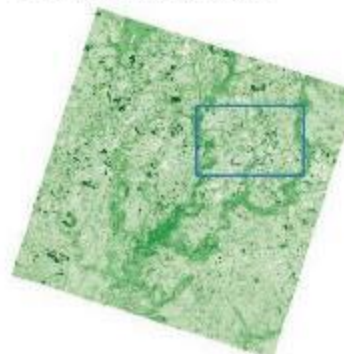
Снимок в RGB



Температура в градусах по Цельсию



NDVI



NDVI с наложением маски высоковегетирующей растительности

Граница зоны подробного исследования
 NDVI
 ≤ 0,0222
 0,0222 - 0,1362
 0,1362 - 0,2502
 0,2502 - 0,3642
 > 0,3642
 температура в градусах по Цельсию
 ≤ 4,5116
 4,5116 - 9,0232
 9,0232 - 13,5348
 13,5348 - 18,0464
 > 18,0464
 слой маски высоковегетирующей растительности
 Высоко вегетирующая растительность
 SAVI
 ≤ - 0,0117
 0,0117 - 0,2043
 0,2043 - 0,3969
 0,3969 - 0,5895
 > 0,5895
 NDVI после применения маски высоковегетирующей растительности
 ≤ - 0,0117
 0,0117 - 0,2075
 0,2075 - 0,4001
 0,4001 - 0,5927
 0,5927 - 0,7853
 0,7853 - 0,9779
 > 0,9779
 Снимок в RGB
 Проекция - UTM зона 30N
 Координаты : x 338000

рисунок 7 - карта-схема дешифрирования спутникового снимка 04.10.2023

рисунок 8 - карта-схема дешифрирования снимка на выбранном участке 04.10.2023

По мере наступления осени вегетационный период у растений начинает существенно убывать, что показывают индексы NDVI и SAVI. Также тепловое излучение почв начинает сильно колебаться, также увеличивается облачность. Данный сезон хорошо подходит для оценки состояния почвы по средствам визуального дешифрирования в RGB диапазоне.

Заключение

В результате работы была создана следующая методика оценки состояния почв Центрально-Чернозёмный экономический район по данным дистанционного зондирования земли:

1. Выбор спутниковых снимков с минимальной облачностью на исследуемой территории в следующие периоды: начало вегетации озимых культур (20 числа марта), начало вегетации яровых культур и переход озимых в активную фазу вегетации (начало мая), процесс активной вегетации растительности в летний период (июль-август), после прохождения фазы вегетации в период уборочных полевых работ (октябрь)

2. Обработка спутниковых снимков маской облачности для избегания возможных ошибок при тепловом анализе.

3. Создание индекса NDVI, SAVI.

4. Создание бинарного файла, отвечающего за высоко вегетирующую растительность на спутниковом снимке.

5. Коррекция индекса NDVI по маске высоко вегетирующей растительности.

6. Визуальный анализ результатов, выявление очаговых деградаций и температурных аномалий с учетом показателей полевых исследований, данные могут быть представлены картографически или таблично.

Выводы

1. В результате работы создана пространственная модель для оценки состояния почв по данным ДЗЗ на территории ЦЧР, на которой была создана и апробирована методика контроля. В рамках проекта выполнены все задачи, включающие в себя методику контроля состояния почв по данным ДЗЗ.
2. Данный проект может быть выполнен в ограниченных временных рамках по заказу производства или для мониторинга чрезвычайных ситуаций на основе открытых данных, для более глубокого анализа могут быть применены коммерческие съемочные решения с лучшим пространственным разрешением, которые значительно улучшат качество итоговых продуктов, что полностью доказывает поставленную в рамках проекта гипотезу.

Результатом проекта является методика оценки состояния качества почв по данным ДЗЗ, которая является готовым продуктом для внедрения, а также создана пространственная модель, которая может быть применена для дальнейших исследований или построения более подробных изысканий.

Результаты могут быть открыты, опубликованы и являются результатом комплексного исследования оценки состояния почв.

Список литературы

[1] Пшеничников Б. Ф. и др. Основы почвоведения. – 2021.

[2] Кирьянчук В. Е., Подколзин В. В. Центрально-Чернозёмный экономический район в новых условиях хозяйствования — Воронеж: Издательство Воронежского университета, 1993—188 с.

[3] Скляр М. И. Сегодня и завтра Центрально-Черноземного экономического района //Региональная экономика: теория и практика. – 2003. – №. 1. – С. 18-24.

[4] Стифеев А. И., Никитина О. В., Кемов К. Н. Состояние почв Центрального Черноземья и необходимость воспроизводства их плодородия //Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – №. 1. – С. 10-14.

[5] - Соколова Т.А., Толпешта И.И., Трофимов С.Я. Почвенная кислотность. Кислотно-основная буферность почв. Соединения алюминия в твердой фазе почвы и в почвенном растворе. Изд. 2-е, испр. и доп. – Тула: Гриф и. К, 2012. – 124 с.

[6] - Уоллес, Джеймс С.; Батчелор, Чарльз Х. (1997). "Управление водными ресурсами для растениеводства". *Философские труды Королевского общества В: биологические науки*. 352 (1356): 937-47.

[7] - Нагревание и охлаждение почвы // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона : в 86 т. (82 т. и 4 доп.). — СПб., 1890—1907.

[8] - Полевые и лабораторные методы исследования физических свойств и режимов почв: Методическое руководство. /Под ред. Е.В.Шейна. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 200 с.

[9] - Берлинер М.А. Измерения влажности / М.А. Берлинер. - Л.: Энергия, 1973. - 401 с.

[10] - ФАО. 2021. Стандартная рабочая методика для определения рН почвы. Рим.

[11] - Раденков Т. А. Контроль состояния грунта в мобильном коррозионном мониторинге магистральных трубопроводов по показателю рН: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук: спец. 05.11. 13: дис. – 2017.