

**Kovalchuk A.D. Monitoring of agricultural lands using methods of remote sensing of the earth (on the example of the Slavsky municipal district of the Kaliningrad region)**

Мониторинг земель сельскохозяйственного назначения с использованием методов дистанционного зондирования земли  
(на примере Славского муниципального округа Калининградской области)

**Kovalchuk Anna Dmitrievna,**

Master's student in the field of study "Land management and cadastres", Baltic Federal University. I. Kant

Ковальчук Анна Дмитриевна,  
магистрант направления подготовки «Землеустройство и кадастры», Балтийский федеральный университет им. И. Канта

**Abstract.** *One of the primary principles of agricultural land use is the principle of their rational use. As a single ecological and economic concept, the rational use of land connects together the achievement of the necessary effect obtained from the economic exploitation of the land at minimal costs, while simultaneously preserving and improving the land in the process of its use.*

*To quickly track and solve such a problem as not rational use of agricultural land, the best solution is the method of decrypting space images that cover a large area, quickly solve the problem and from the point of view of finance this method is the most profitable.*

*Remote sensing is a method of obtaining information about distant objects without direct contact with them. Contactless information transmission is possible due to naturally existing or artificially generated force fields that propagate between the radiation receiver (sensitive sensor) and the object (target) being studied.*

**Keywords:** *agricultural land, land monitoring, polder lands, remote sensing, decrypting snapshots.*

**Аннотация.** *Одним из первостепенных принципов использования сельскохозяйственных земель является принцип их рационального использования. Представляя собой единое эколого-экономическое понятие, рациональное использование земли связывает воедино достижение необходимого эффекта, получаемого от хозяйственной эксплуатации земли при минимальных затратах, с одновременным сохранением и улучшением земли в процессе ее использования.*

*Для оперативного отслеживания и решения такой задачи как не рациональное использование земель сельскохозяйственного назначения лучшим решением служит метод дешифрирования космических снимков, которые охватывают большую территорию, оперативно решают проблему и с точки зрения финансов данный метод является самым выгодным.*

*Дистанционное зондирование – это метод получения информации об отдаленных объектах без прямого контакта с ними. Бесконтактная передача информации возможна благодаря естественно существующим или искусственно генерируемым силовым полям, которые распространяются между приемником излучений (чувствительным сенсором) и изучаемым объектом (целью).*

**Ключевые слова:** *земли сельскохозяйственного назначения, мониторинг земель, польдерные земли, дистанционное зондирование, дешифрирование снимков.*

---

В отличие от других средств производства, которые в процессе использования изнашиваются, уменьшают свои полезные свойства, выходят из хозяйственного оборота, естественная производительная способность земли способна увеличиваться при правильном обращении с ней и рациональном ее использовании.

Вследствие этого земля представляет собой практически вечное средство производства. Однако земли могут выходить из сельскохозяйственного оборота, истощаться, деградировать качественно и количественно. В настоящее время

проблемы эффективного социально-экономического использования природных ресурсов стоят перед современным российским обществом особенно остро.

Одним из первостепенных принципов использования сельскохозяйственных земель является принцип их рационального использования. Представляя собой единое эколого-экономическое понятие, рациональное использование земли связывает воедино достижение необходимого эффекта, получаемого от хозяйственной эксплуатации земли при минимальных затратах, с одновременным сохранением и улучшением земли в процессе ее использования.

Необходимым условием рационального использования земель является повышение эффективности их использования в сельскохозяйственном производстве. Оно диктуется двумя группами факторов: экономическими и экологическими. Все эти факторы взаимно обусловлены и тесно связаны друг с другом.

Нерациональное использование привело к сокращению продуктивных земель, снижению их плодородия и уменьшению производства сельскохозяйственной продукции, ухудшению экологической обстановки. Земельные угодья продолжают выходить из хозяйственного оборота, деградирует почвенное плодородие, оно уже не является лимитирующим фактором производства [1].

В стране возникли и неуклонно нарастают серьезные проблемы сохранения земельно-ресурсного потенциала сельского хозяйства, вызванные масштабным нарушением земель, загрязнением и деградацией почв, потерей почвенного плодородия. Эти проблемы условно можно разделить на три большие группы, к которым относятся:

1. проблемы, связанные с деградацией почв и потерей почвенного плодородия в результате неправильного и истощительного ведения сельского хозяйства;
2. проблемы, связанные с физическими и химическими воздействиями на почвы, приводящими к их нарушению, загрязнению, подтоплению и другим негативным явлениям.
3. количественное сокращение земель сельскохозяйственного назначения, вызванное отторжением под промышленные и градостроительные нужды.

Ведущей причиной сложившегося положения является отсутствие побудительных стимулов у собственников земли к сохранению почвенного плодородия - в настоящее время в России ведение сельского хозяйства осуществляется в условиях практически полного отсутствия государственного и общественного контроля за качеством сельскохозяйственных угодий, четко установленных экологических ограничений и природоохранных требований к сельхозпроизводителям в отношении сохранения почв.

Кроме перечисленных негативных воздействий на почвы невосполнимый ущерб почвенному плодородию наносит переуплотнение почвы, вызванное применением тяжелой техники и увеличением способов обработки культур при их выращивании; засоление почвы, вызванное применением минеральных удобрений в избыточном количестве; увеличение кислотности почвы, вызванное прекращением известкования почв и ряд других негативных явлений.

В результате подобной практики ведения сельского хозяйства продолжает увеличиваться деградация сельскохозяйственных земель. Данные государственного мониторинга земель показывают, что в России сформировалась и продолжает усиливаться тенденция ухудшения качественного состояния земель.

Основными негативными процессами являются эрозия, дефляция, заболачивание, засоление, опустынивание, подтопление, зарастание сельскохозяйственных угодий кустарником и мелколесьем и другие процессы, ведущие к потере плодородия сельскохозяйственных угодий и выводу их из хозяйственного оборота [1].

Согласно данным государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2007 году» около 80-ти процентов земель сельскохозяйственного назначения или 190 млн га подвержены деградации, особенно эрозии. Водной эрозии подвержено 17,8 % площади сельскохозяйственных угодий, ветровой - 8,4 %, переувлажненные и заболоченные земли занимают 12,3 %, засоленные и солонцеватые - 20,1 % сельскохозяйственных угодий.

Последствием эрозии почв является резкое снижение урожайности культур, которая по оценкам специалистов уменьшается в 2-4 раза, а иногда в 10 раз. Около 73 млн га сельскохозяйственных угодий являются кислыми, 12 млн га засорены камнями.

В настоящее время актуальной темой для обсуждения является интенсивное развитие сельскохозяйственного комплекса на территории Российской Федерации. Пolderные земли Калининградской области имеют высокое потенциальное плодородие, что важно для эффективного сельскохозяйственного производства.

Пolderные земли – это сельхозугодия, отвоеванные у моря. Наиболее известны такие территории в Голландии, и они сопоставимы с Калининградской областью. России они достались по наследству от Восточной Пруссии. Пolderные земли очень плодородны, их приравнивают к чернозему.

Одними из основных задач при ведении качественного сельского хозяйства являются оценка, выявление особенностей и поддержание необходимого водного режима сельскохозяйственных земель, ведь они расположены ниже уровня моря [3].

Общая площадь Калининградской области с заливами составляет 1512,5 тыс. га, площадь суши равна 1351,2 тыс. га. Площадь осушаемых земель области по состоянию на 1 января 2018 г. составляет 1047,8 тыс. га, в т. ч. земель сельхозпроизводителей - 594,5 тыс. га. В области имеется около 100 тыс. га полейдерных систем, расположенных на землях с наиболее высоким плодородием.

Самый крупный полейдерный массив располагается на территории Неманской низменности в Славском Муниципальном округе [4].

Он представляет собой ряд отдельных полейдерных систем с осушительными насосными станциями, отводящими избыточную воду с площадей в реки-водоприемники и Куршский залив с целью поддержания необходимого уровня грунтовых вод. В этот массив также входит полейдер насосной станции № 20а.

Основная часть земель полейдера насосной станции № 20а представлена осушаемыми сельскохозяйственными землями и в настоящее время используется достаточно интенсивно (выращиваются зерновые культуры, рапс и т. д.). На используемых землях из-за частичного переувлажнения требуется улучшение мелиоративного состояния, для этого необходимо выполнить ремонтные работы на открытых каналах и закрытом дренаже.

Остальные земли с открытой регулирующей сетью каналов используются экстенсивно, здесь расположены естественные сенокосы и пастбища, но из-за неудовлетворительного мелиоративного состояния наиболее ценные многолетние травы отсутствуют. На сегодняшний день там растут травы, выдерживающие достаточно продолжительные затопления. На этих площадях требуется реконструкция осушительной сети [3].

Для оперативного отслеживания и решения такой задачи как не рациональное использование земель сельскохозяйственного назначения лучшим решением служит метод дешифрирования космических снимков, которые охватывают большую территорию, оперативно решают проблему и с точки зрения финансов данный метод является самым выгодным.

Дистанционное зондирование – это метод получения информации об удаленных объектах без прямого контакта с ними. Бесконтактная передача информации возможна благодаря естественно существующим или искусственно генерируемым силовым полям, которые распространяются между приемником излучений (чувствительным сенсором) и изучаемым объектом (целью). К основным используемым силовым полям относятся, электромагнитное излучение. При настройке приемника на определенные излучения на системе датчиков фиксируется, изображается состояние радиации, исходящей от объекта исследования, и такие изображения можно анализировать.

Использование снимков в социально-экономических исследованиях не столь широко, как при изучении природных ресурсов. Наиболее значимо их

применение в сельскохозяйственных целях. Аграрная промышленность играет одну из ведущих ролей в экономиках как развитых, так и развивающихся стран.

Точная и своевременная информация о состоянии посевов и почвы, оценка качества и количества будущего урожая и, как следствие этого, прогноз цен на аграрную продукцию оказывает существенное влияние как на экономику отдельного региона, так и на всю мировую торговлю в целом.

Обширные территории, занимаемые сельскохозяйственными угодьями, довольно сложно контролировать из-за недостатка точных карт, неразвитой сети пунктов оперативного мониторинга, наземных станций, в том числе и метеорологических, отсутствия авиационной поддержки, ввиду дороговизны содержания штата и т. д.

Кроме того, в силу различного рода природных процессов происходит постоянное изменение границ посевных площадей, характеристик почв и условий вегетации на различных полях и от участка к участку. Все эти факторы препятствуют получению объективной, оперативной информации, необходимой для констатации текущей ситуации, ее оценки и прогнозирования. А без этого практически невозможны увеличение производства сельскохозяйственной продукции, оптимизация использования земель, прогнозирование урожайности, уменьшение затрат и повышение рентабельности. Материалы космической съемки могут помочь как для решения комплексных задач управления сельскохозяйственными территориями, так и в узкоспециализированных направлениях.

С помощью спутникового мониторинга возможно контролировать сроки и качество проведения основных агротехнических работ и тем самым оптимизировать управление сельскохозяйственным производством.

По снимкам выполняют инвентаризацию и картографирование земельных угодий на основе международной классификации использования земель, а снимки высокого разрешения применяют для создания земельного кадастра [2].

При систематической повторяемости съемок проводят наблюдение за динамикой развития сельскохозяйственных культур и прогнозирование урожайности. Например, зная, как меняется спектральная яркость растительности в течение вегетационного периода с учетом сельскохозяйственного календаря для разных культур, можно по тону изображения полей судить об их агротехническом состоянии и составе культур.

Выявление площадей, занятых основными продовольственными культурами, и оценка их развития с учетом метеорологических условий определяют возможность использования космической информации для прогноза урожайности.

Применение методов дистанционного зондирования в сельском хозяйстве позволяет оперативно и точно осуществлять:

- классификацию типов сельскохозяйственных культур;

- оценку состояния посевов (оценку всхожести, смены фаз, развития и созревания культур);
- определение областей вымерзания озимых посевов, раннее выявление засухи;
- выделение участков эрозии, заболачивания, засоленности и опустынивания;
- определение областей гибели сельскохозяйственных культур от болезней, насекомых, дефляции, загрязнения пестицидами;
- характеристику и состояние почвы;
- прогноз урожая (качественно и количественно);
- учет и инвентаризацию посевных площадей;
- мониторинг состояния пастбищ, степени поражения болезнями и грызунами, зоны нарушения растительности в результате выпаса скота, проективное покрытие травяной растительностью;
- слежение за качеством и своевременностью проведения различных сельскохозяйственных мероприятий;
- общий мониторинг сельскохозяйственной деятельности [2].

Объектом исследования являются земли сельскохозяйственного назначения, расположенные на территории Славского муниципального округа Калининградской области.

Целью исследования является проведение мониторинга использования земель сельскохозяйственного назначения на территории Славского муниципального округа Калининградской области, при помощи космических снимков, обрабатываемых в программах QGIS и GRASS GIS.

Мониторинг проводится для целей определения не целевого использования земель сельскохозяйственного назначения. Мониторинг проводится органами государственной власти.

Главным плюсом и минусом полей земель Калининградской области является то что земля являются высоко плодородными, но их сложно содержать, так как нужно проводить правильные осушительные мероприятия и ни в коем случае не забрасывать земли, а только разрабатывать.

Для это и нужно проводить регулярный мониторинг использования земель для отслеживания динамики использования земель.

Мониторинг территории Славского Муниципального округа Калининградской области проводился с использованием программного обеспечения QGIS 3.26.2. и GRASS GIS на основе общедоступных снимков Sentinel - 2 за весенний период (а именно март месяц) было выбрано два снимка с шестилетней разницей – за 2016 год и 2022 год.

Важным фактором в данном исследовании являлся подбор качественных снимков и выбор площади исследования. При подборе снимков для исследования выбранного участка снимки подобраны качественно, но ракурс

съемки отличается в 2016 и 2022 годах, но на исследуемый объект никак не повлияло.

В ходе работы были проделаны следующие работы:

1. Выбор объекта исследования
2. Подбор подходящего снимка
3. Импорт данных, экспорт данных в GRASS
4. Классификация
5. Пост классификация
6. Векторизация
7. Сравнение снимков в QGIS
8. Обоснование полученных результатов

В начале работы исследуемые снимки были загружены в QGIS для цвета коррекции отображения снимков и перевода в необходимый для работы формат - tiff, в GRASS GIS. Для дальнейшего проведения классификации снимков.

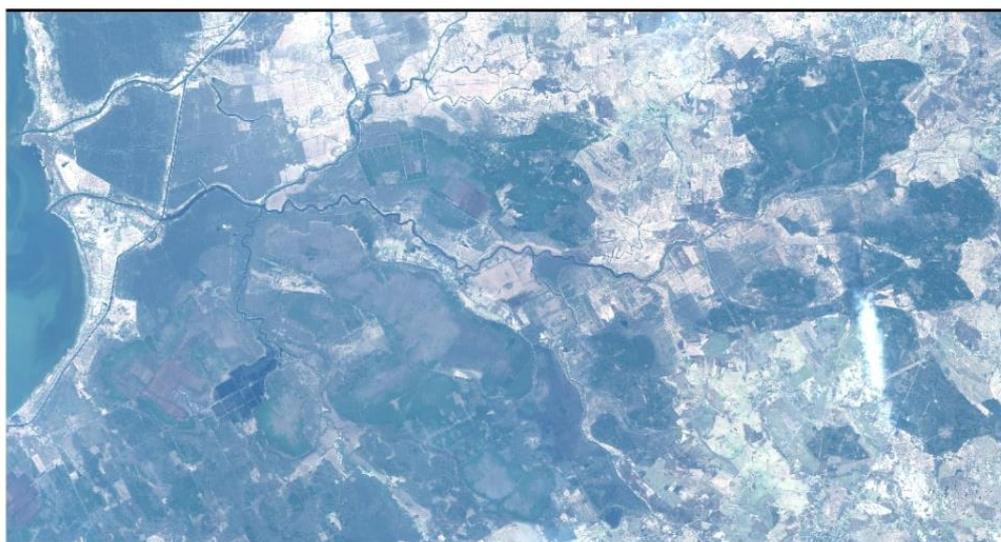


Рисунок 1 – Снимок со Sentinel-2 за 03.2016 года [авт.]

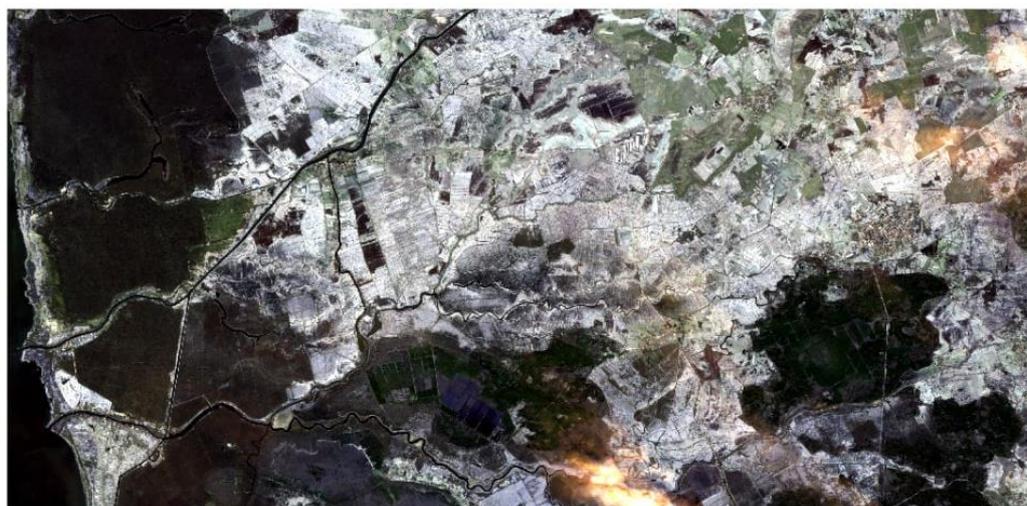


Рисунок 2 – Снимок со Sentinel-2 за 03.2022 года [авт.]

В начале работы в GRASS GIS было принято решение провести классификацию снимков без обучения.

В случае классификации с обучением, самый простой способ - это выделение эталонов в ручном режиме и отнесение их к тому или иному классу. Далее алгоритм выполнит поиск по изображению близких по текстуре областей и оконтурит их.

В случае классификации без обучения классификации, алгоритм принимает на вход необходимое количество классов и разделяет все изображение на группы с однородной текстурой в рамках заданного порога.

В результате, объекты, имеющие сходные спектральные характеристики, будут определены в один класс, а число таких классов задается пользователем, многие параметры подбираются только через многочисленные эксперименты.

В данном случае было принято решение разбить снимок на 25 классов, в результате получается классифицированное изображение, степень интерпретируемости которого сильно зависит от характера местности и подобранных параметров.

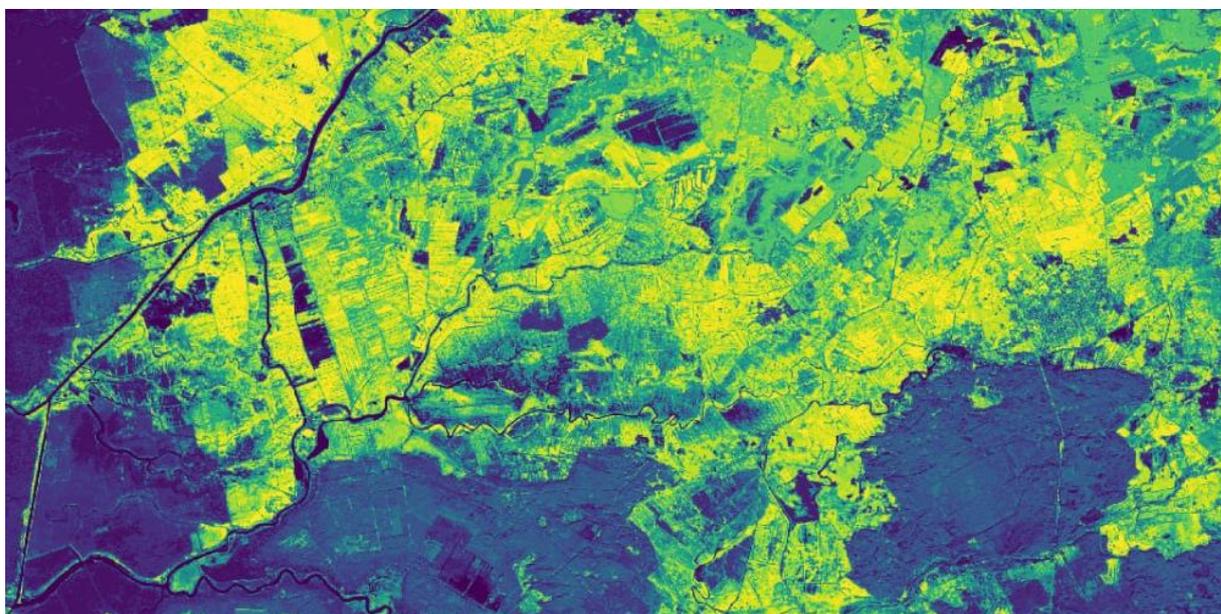


Рисунок 3 - Классификация без обучения (снимок за 03.2022 года) [авт.]

Следующим этапом идет объединение классов в группы с идентичными спектральными характеристиками.

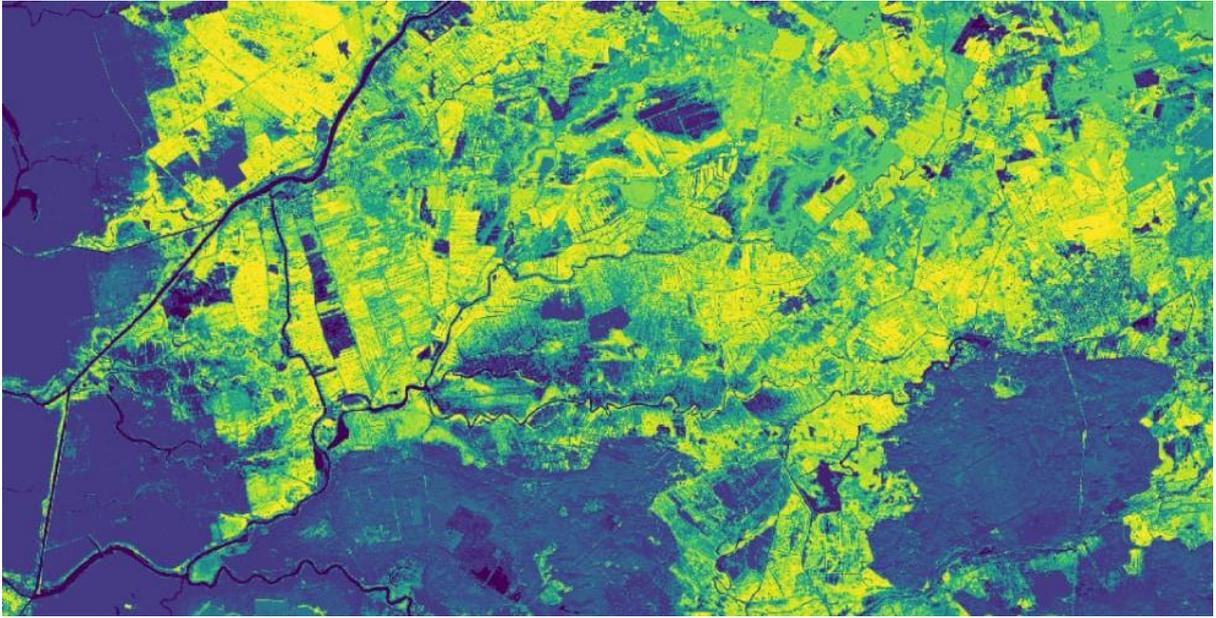


Рисунок 4 – Результат объединения класса «Лес» [авт.]

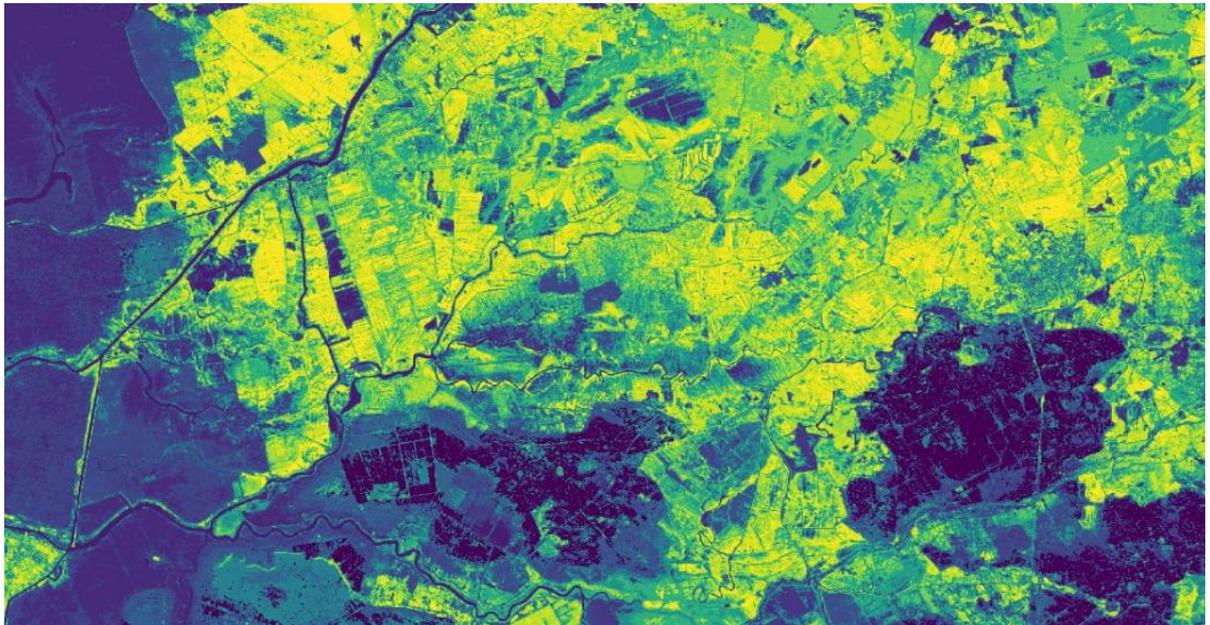


Рисунок – 5 Результат объединения в класс «Кустарники» [авт.]

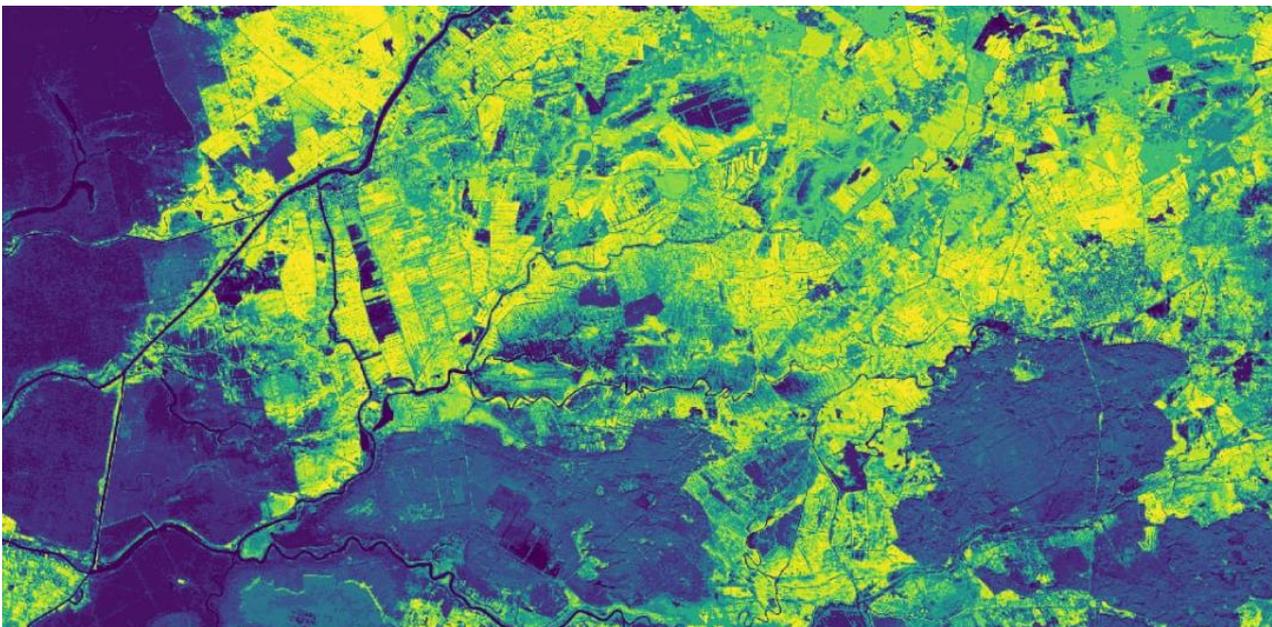


Рисунок 6 - Результат до объединения классов (снимок за 03.2022 года)  
[авт.]

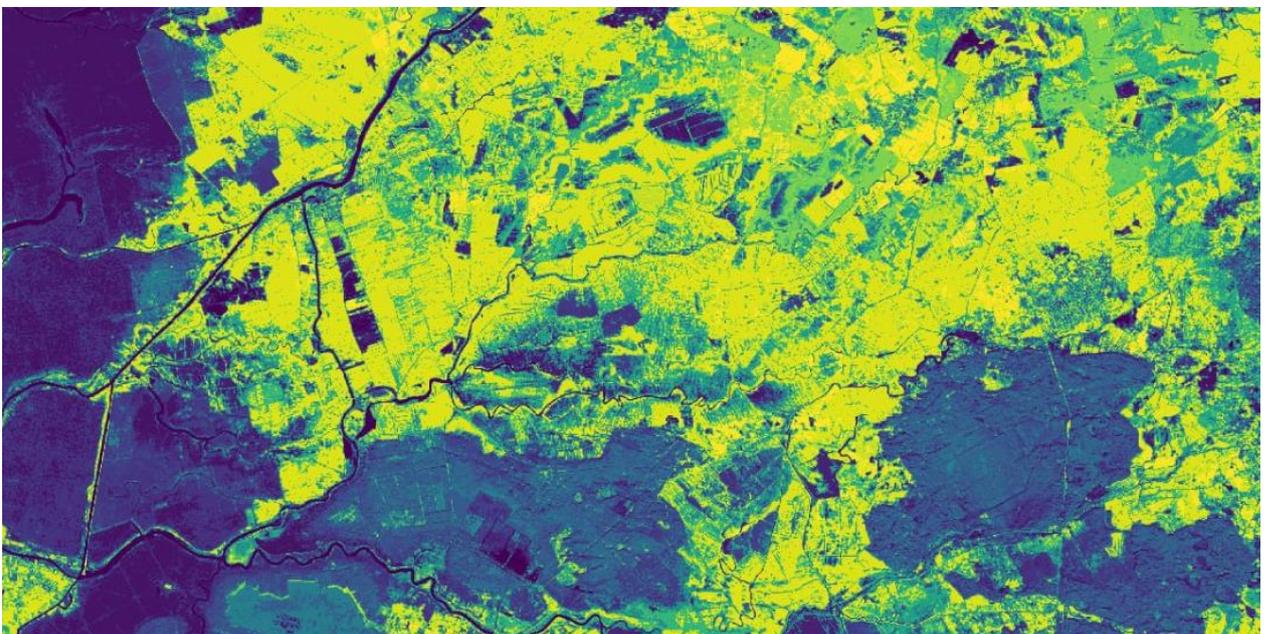


Рисунок 7 - Результат объединения классов «Поля» (снимок за 03.2022 года) [авт.]

После этого идет важный этап, а именно выполнение постклассификации. Эту процедуру необходимо провести для очистки изображения (убрать отдельные пиксели) и генерализировать полученный результат.

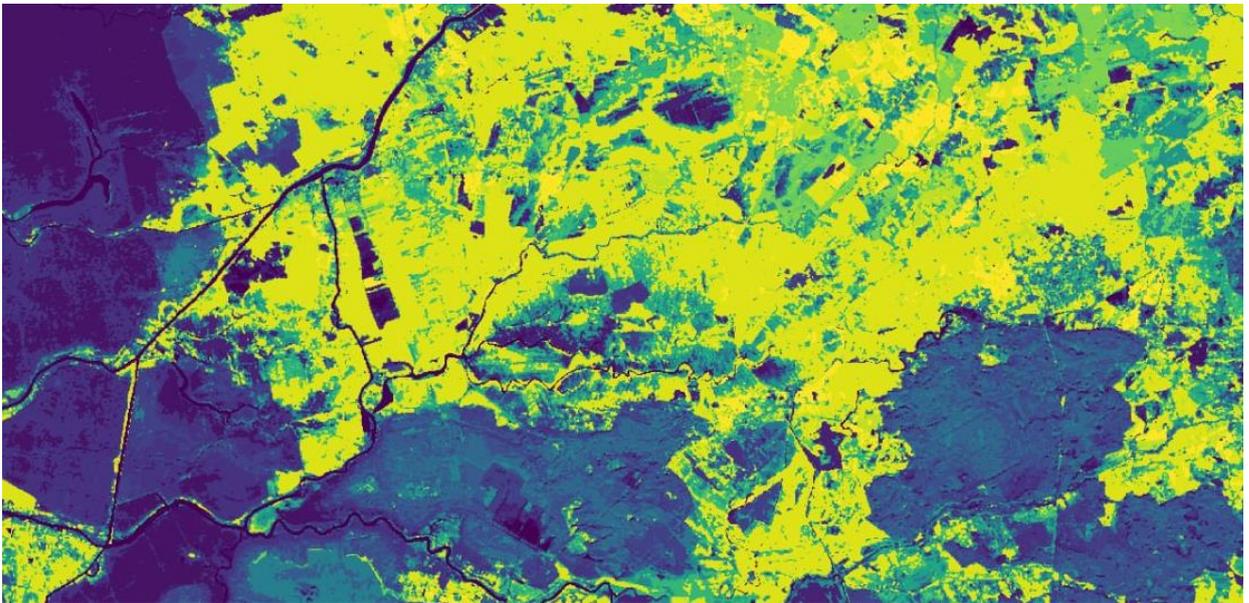


Рисунок 8 - Результат пост классификации [авт.]

Завершающим этапом в работе с программой GRASS GIS является преобразование растра в вектор (Raster – Конвертация типов слоев – растр в вектор), при этом важным моментом является сохранение его с разрешением shp, для переноса полученного результата в QGIS.

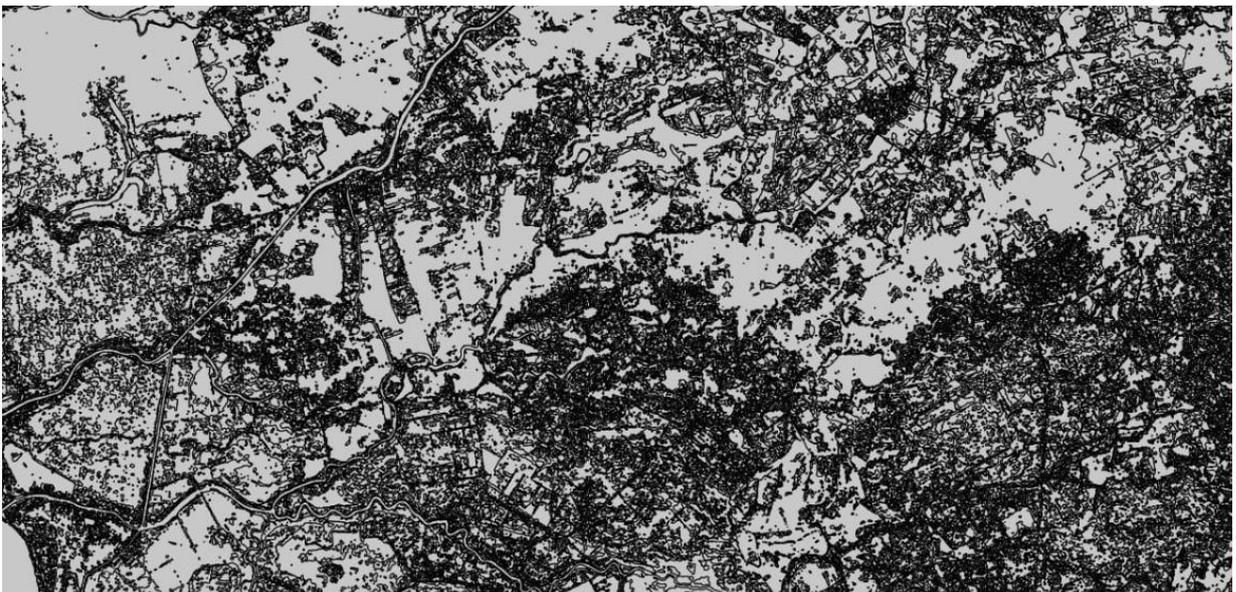


Рисунок 9 - Результат векторизации снимка за 03.2022 года [авт.]

В результате переноса shp-файла в QGIS, в окне программе появляется разноцветное изображение, данное изображение необходимо «раскрасить» согласно группам (вода- синий цвет, лес, кустарники – зеленый цвет и тд.)



Рисунок 10 - Тематическая группировка снимка от 05.10.2016 года [авт.]



Рисунок 11 - Тематическая группировка снимка от 19.10.2021 года [авт.]

На рисунке 10, можно заметить погрешность в объединении групп, некоторые поля вошли в состав воды. Это происходит по тому что изначально на снимке эти участки были затемнены, по этой причине при проведении классификации без обучения эти участки были отнесены к одному классу.

Завершающим этапом работы является проведение анализа и сравнения полученных результатов, поиск различия между снимками. Для выявления динамики использования сельскохозяйственных земель, следует отметить изменения, произошедшие за исследуемый период.

Данную задачу можно решить путем наложения исследуемых снимков и функции «Разница». Операция «Разница» состоит в том, что из значения яркости каждого пикселя одного снимка вычитается значение яркости соответствующего пикселя другого снимка, который совмещен с первым. После проведения данной процедуры, было получено значение разницы (рисунок 12).

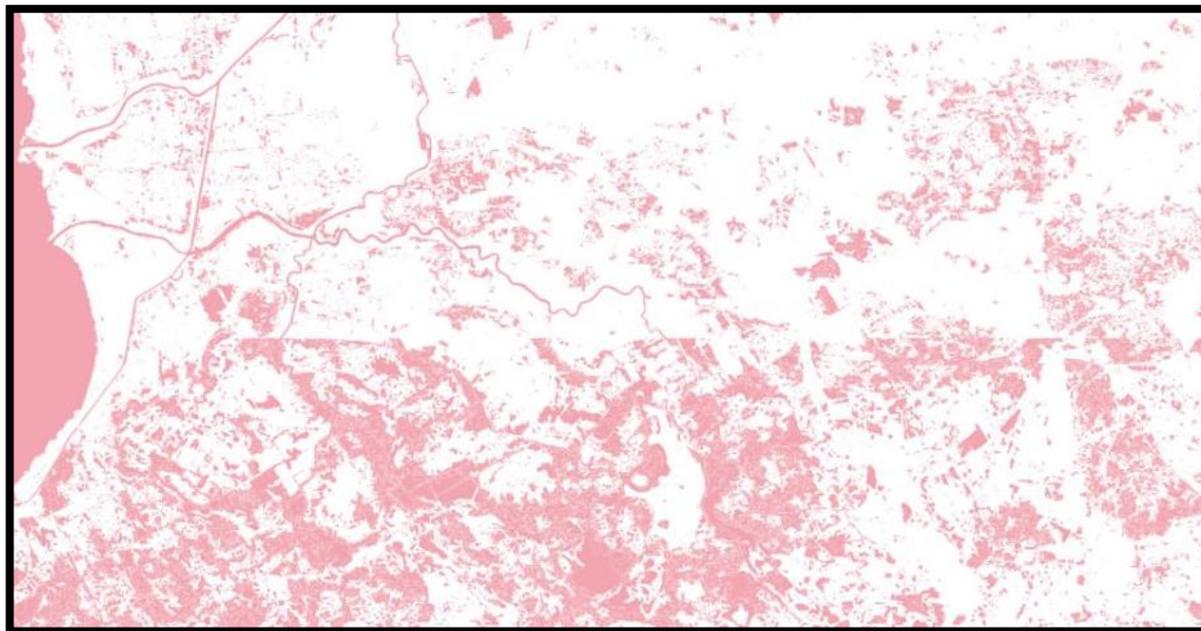


Рисунок 12 – Разница снимков [авт.]

Полученный размер разности демонстрирует изменения, произошедшие в Славском МО, за последние шесть лет. При помощи изучения участков территории, можно сделать вывод о динамике его развития или деградации.

Результаты «Разницы» могут иметь искажения. Искажение результатов «Разницы» связано с классификацией, а именно с изменчивостью признаков.

Часто классификация бывает неопределенной, поскольку элементы раstra могут принадлежать сразу к нескольким классам – это так называемые «смешанные элементы». Но в процессе классификации неопределенность игнорируется, и каждый элемент помещается в один из классов. Исходя из рисунка 13, можно увидеть присутствие участков местности, которые программа ошибочно посчитала за разницу в снимках. Это и является последствием несовпадения классов. Так же при отбивке снимка за 2022 год программа ошибочно посчитала за разницу в снимках.

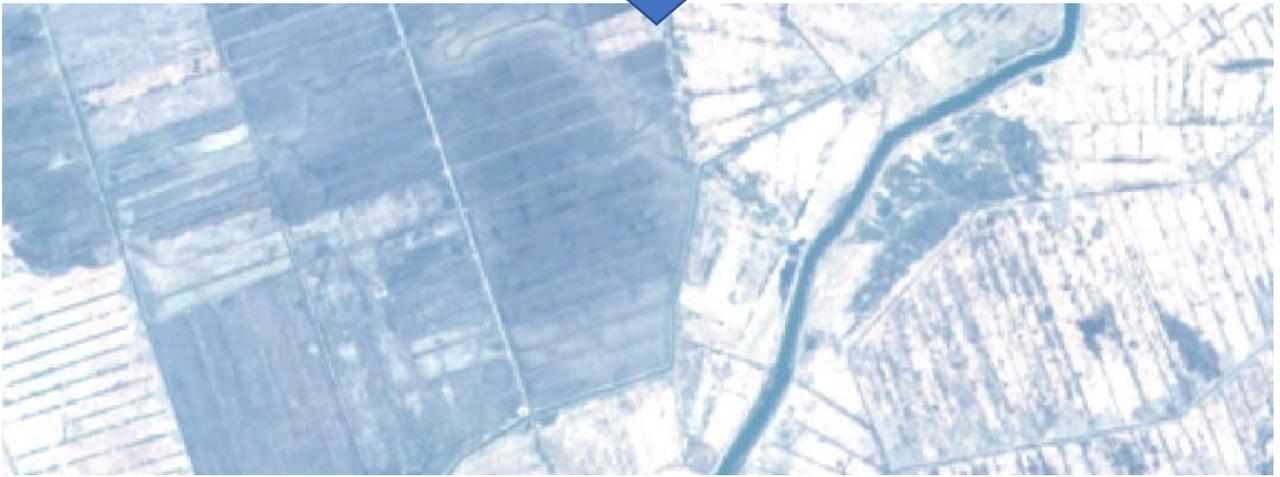
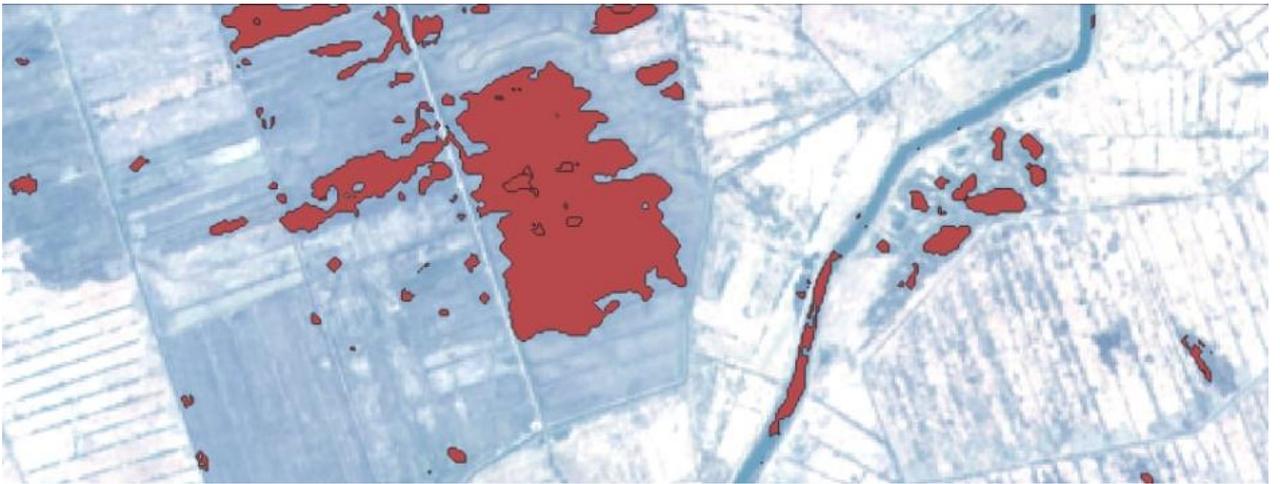


Рисунок 13 - Некорректная отбивка классификации (снимок за 03.2016 год)  
[авт.]

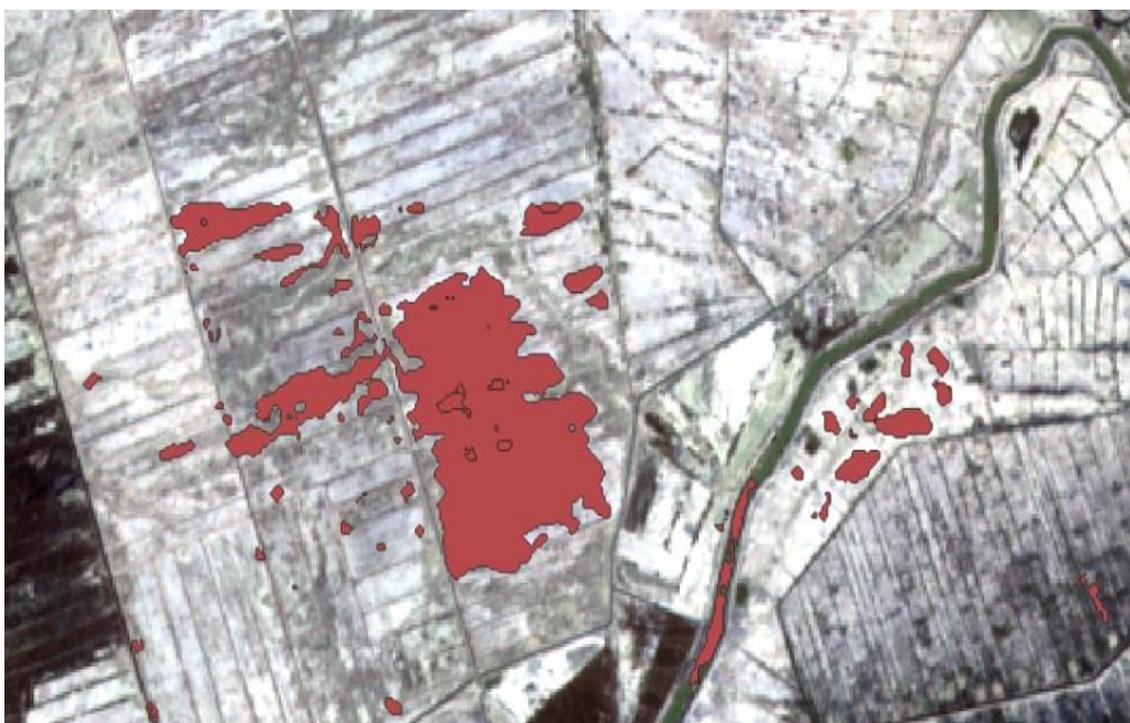


Рисунок 14 – Некорректная отбивка классификации (снимок за 03.2022 год)  
[авт.]

В результате сравнения снимков как за 2016, так и за 2022 года, исключив, некорректное отображение, можно сделать вывод, что развитие земельных участков имеет отрицательную динамику.

В рамках проделанной работы видно сокращение используемых земель сельскохозяйственного назначения что приводит к их зарастанию, а в дальнейшем и к деградации земель (рисунок 15, 16, 17).



Рисунок 15 – Сравнение фрагментов снимков за 2016 год (с лева) и 2022 год (с права) [авт.]



Рисунок 16 – Сравнение фрагментов снимков за 2016 год (с лева) и 2022 год (с права) [авт.]





Рисунок 17 – Сравнение фрагментов снимков за 2016 год (с лева) и 2022 год (с права) [авт.]

Так же в результате проведенного исследования видно, что некоторые участки не обрабатывались как в 2016 года, так и в 2022 году (рисунок 18).



Рисунок 18 - Сравнение фрагментов снимков за 2016 год (с лева) и 2022 год (с права) [авт.]

Таким образом, дешифрирования разновременных снимков показало, что в Славском МО Калининградской области происходит сокращение сельскохозяйственных угодий и пашни, что является отрицательным развитием территории и приводит к негативным последствиям.

#### References

1. Стариков А.С., Самарина В.П. Сетевое издание, Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 4, статья: «Проблемы рационального использования земель сельскохозяйственного назначения».

2. Конспект лекций по дисциплине «Дистанционное зондирование и фотограмметрия» для студентов 2 курса направление подготовки 120100

Геодезия и дистанционное зондирование, г. Новосибирск СГГА, 2012 г. (Лекции по фотограмметрии для специальности «аэрофотогеодезия» (ecolog.pro).

3. Улучшение мелиоративного состояния осушаемых сельскохозяйственных земель польдерного массива в Славском районе Калининградской области – тема научной статьи по энергетике и рациональному природопользованию sutyrina-distantcionnoe-2013.pdf (airbase.ru).

4. <https://gov39.ru/vlast/muni/slavskiy-munitsipalnyy-okrug/>.