

Челябинская область
Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение
«Образовательный центр»

Оценка состояния растительности в окрестностях Карабашского
медеплавильного завода на основе данных дистанционного зондирования
Земли

Чичков Борис Борисович, 9 класс,
Научный руководитель:
Гумелевская Елена Владимировна,
учитель МАОУ «ОЦ»

Миасс, 2026

Оглавление

Введение	3
Деятельность АО «Карабашмедь», направленная на снижение негативного воздействия на окружающую среду.....	4
Вегетационный индекс как показатель состояния растительности.....	4
Материал и методы исследований.....	6
Результаты исследований и их обсуждение.....	6
Выводы	9
Заключение.....	10
Список использованной литературы.....	11
ПРИЛОЖЕНИЯ	12

Введение

Каждый раз проезжая через г. Карабаш рассматривал «марсианские» пейзажи и думал, что исправить ситуацию с экологической обстановкой здесь уже невозможно. Но в 2021 году, проезжая мимо г. Лысая, я увидел, что рядом с трассой работают тракторы и разгребают землю. А потом на отдельных участках стала появляться зеленая трава. В 2022 году работы по рекультивации территории вокруг Карабашского завода продолжились, положительные изменения стали еще заметнее. Мне стало интересно, действительно ли ситуация улучшается или это только красивая видимость? Оценить это достаточно сложно, надо много лет наблюдать за изменениями растительности, проводить химические анализы почвы и воды, а это дорого, долго и обычному школьнику недоступно. Занимаясь в кружке астрономии, я узнал, что вокруг Земли много различных спутников, делающих снимки поверхности. Эти снимки содержат много информации, которую можно расшифровать с помощью различных программ. Съемка из космоса ведется достаточно давно, и накопилось много снимков. Я решил попробовать оценить изменения в Карабаше, используя данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Цель работы – оценка изменения состояния растительности в окрестностях Карабашского медеплавильного завода с использованием данных дистанционного зондирования Земли.

Задачи: 1. Выбрать подходящие спутники, снимки и программное обеспечение для анализа состояния растительности. 2. Получить нужные снимки и подобрать методику их обработки. 3. Провести оценку состояния растительности в окрестностях Карабашского завода по данным обработки спутниковых снимков. 4. Проанализировать полученные результаты. 5. Оценить эффективность рекультивационных мероприятий, проводимых АО «Карабашский медеплавильный завод».

Деятельность АО «Карабашмедь», направленная на снижение негативного воздействия на окружающую среду

Карабашский медеплавильный завод, расположенный на современном месте, начал свою деятельность в 1910 году. До этого несколько раз были попытки пуска завода, но они оканчивались неудачей: не хватало руды, медь была низкого качества и т.д. В 1989 году Приказом Министерства металлургии СССР производство остановили. В результате произошло снижение выбросов. В 1998 году предприятие опять стало работать, что привело к резкому повышению выбросов веществ в атмосферу и негативное воздействие на почву и растительность. Основными выбросами «Карабашмеди» являются SO_2 , CO_2 , CuO , ZnO , Pb , As , NO_2 [1]. В верхних слоях почв концентрации тяжелых металлов значительно превышают предельно допустимые концентрации (ПДК), повышена кислотность. В донных отложениях концентрируются Hg , Cd , Pb , Cu , Zn и As [2].

К 2001 году восстановлены производство и инфраструктура предприятия, стала использоваться кислородная станция, что заметно снизило выброс в атмосферу пыли и мелких частиц [3]. С 2004 года АО «РМК» вложила около 20 млрд. рублей в модернизацию завода «Карабашмедь». С 2004 года полностью заменена система газоочистки; вместо устаревшей медеплавильной печи сооружена новая современная печь; построена обогатительная фабрика для переработки шлаков; внедрена система оборотного водоснабжения, введен в эксплуатацию новый сернокислотный цех, который позволяет утилизировать отходящие металлургические газы, завершено строительство механизированного участка розлива меди, установлены новые конвертеры с газоплотными напыльниками. Благодаря этому количество выбросов снизилось в 20 раз по сравнению с 2000 годом [4]. Начиная с 2020 года АО «РМК» анонсировало масштабную рекультивацию земель в окрестностях г. Карабаш. Под план рекультивации попадают: бесхозное хвостохранилище, которое примыкает к территории завода; хвостохранилище №3; «Северный участок» (северный склон г. Лысая); «Южный участок» (ул. Пархоменко, Ржавый ручей, р. Сак-Елга) и территория г. Карабаш.

Вегетационный индекс как показатель состояния растительности

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) - нормализованный относительный индекс растительности. Расчет NDVI основан на том, что солнечное излучение можно разложить в спектр по длине волн. Растения обладают способностью поглощать определенную часть спектра с помощью хлорофилла. Также листья могут отражать инфракрасную часть спектра с длиной волны 0,7-1,0 мкм. Это значит, что если растительность достаточно хорошо развита, то отражение в красной части спектра будет намного ниже, чем в инфракрасной части. На основе этого применяется следующая формула

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

расчета индекса NDVI: где,

NIR - отражение в ближней инфракрасной области спектра RED - отражение в красной области спектра [5].

Расчет индекса можно провести, используя данные спутниковых снимков, полученных с таких спутников как Landsat, Modis, Santinel, Aster в различных геоинформационных программах. Для удобства восприятия используется цветовая шкала отображения индекса. Определенные значения индекса соответствуют типам растительного покрова (Прил. 1). Таким образом, по величине индекса NDVI можно определить состояние растительности или тип поверхности.

Материал и методы исследований

Для оценки состояния растительности в окрестностях Карабашского медеплавильного завода мы решили использовать спутниковые снимки различной давности со спутников Landsat-5 и Landsat-8. Выбор спутника основывался на том, что в сети Интернет есть много статей по обработке данных снимков. Landsat-5 был запущен в 1984 году и использовался до 2013 года, Landsat-8 был запущен в 2013 году и используется до сих пор. Кроме того, существует еще Landsat-7, но у него, в результате неисправности, изображение искажается и делится на полосы, поэтому снимки с него мы не использовали. Снимки со спутников доступны для скачивания на сайте американской геологической службы www.usgs.gov. Отбор снимков велся по двум основным критериям: отсутствие облаков и период съемки июнь-середина августа для максимального развития растительности. Исходя из этого, было отобрано 5 снимков со следующими датами съемки:

01.08.1987	25.06.1997	21.06.2013	17.07.2020	24.07.2022
(Landsat-5)	(Landsat-5)	(Landsat-8)	(Landsat-8)	(Landsat-8)

Для расчета индекса у снимков спутника Landsat-5 использовались каналы 3 (RED) и 4 (NIR), а у спутника Landsat-8 каналы 4 (RED) и 5 (NIR). Расчеты велись с помощью свободной программы QGIS 3.18.2-Zürich. Затем сравнивались полученные значения индексов за разные годы между собой с целью оценки изменения растительного покрова в окрестностях г. Карабаш в период с 1987 по 2022 годы. Проводился анализ изменения растительности после остановки завода в 1989 году и начала внедрения природосберегающих технологий на заводе, а также рекультивации в 2022 году с целью оценки эффективности этих работ.

Результаты исследований и их обсуждение

В результате обработки снимков разных лет были получены следующие значения индекса NDVI:

Таблица

Значения индекса NDVI в период с 1987 по 2022 гг.

Снимок	Максимальное значение	Среднее значение
1987	0,55	0,31
1997	0,57	0,32
2013	0,58	0,32
2020	0,63	0,39
2022	0,62	0,37

Из таблицы видно, что происходит постепенное увеличение значения вегетационного индекса. Если в 1997 году улучшение могло быть связано с остановкой работы завода в 1989 году, то в 2020-2022 годах это может говорить об эффективности внедрения новых природоохранных технологий в

производство. Увеличение площади, занятой значениями вегетационного индекса выше 0,2 (зеленый цвет) заметно при сравнении результатов расчета индекса. Особенно сильно заметны различия между 1987 и 2022 годами. Территория, покрытая растительностью, заметно увеличилась в 2022 году по сравнению с 1987 годом. Кроме того усилилась интенсивность зеленой окраски, что свидетельствует об общем улучшении состояния растительного покрова. Также можно отметить, что максимальные значения NDVI находятся в пределе от 0,55 до 0,63, что соответствует средней степени развития зеленой массы (Прил. 2). Рассмотрим результаты по отдельным участкам, подверженным загрязнению.

Бесхозное хвостохранилище, примыкающее к территории завода. В 2021-2022 гг. там велись рекультивационные работы. В результате расчета индекса NDVI в 1987, 1997 и 2013 годах были получены значения от -0,007 до 0,01, что соответствует отсутствию всякой растительности (Прил. 3). В 2020 году значение индекса практически по всей территории хвостохранилища превышает значение 0,1, достигая максимального показателя в 0,157, что соответствует границе между отсутствием растительности и низкой степенью её развития. В 2022 году на отдельных участках значения возрастают до 0,205, что уже говорит о наличии растительности. Таким образом, можно сказать, что рекультивация хвостохранилища проходит успешно.

Хвостохранилище №3. Расположено севернее предыдущего участка. Рекультивация его началась в 2021 году, велась отсыпка грунта. На рисунке 5 (Прил. 4) видно, что значение NDVI в 1987-2020 гг. находятся в пределах значений цветовой шкалы от -1 до 0,02, что говорит о полном отсутствии растительности. В 2022 году более половины территории находится в границах показателя 0,033-0,1, что уже ближе к появлению признаков растительности.

«Северный участок» (северный склон г. Лысая и ул. Пархоменко). На этом участке активные работы по рекультивации еще не ведутся. Тем не менее, при анализе значений вегетационного индекса в период с 1987 по 2022 гг. хорошо видно, что эта территория активно зарастает. Площадь, занятая растительностью заметно увеличивается, особенно в 2020-2022 гг. (Прил. 5) что, видимо, связано с внедрением новых природосберегающих технологий на Карабашском заводе. Максимальные значения индекса достигают значения 0,489, что соответствует средней степени развития растительности.

«Южный участок» (Ржавый ручей и р. Сак-Елга). На рисунке 7 (Прил. 6), полученном в результате анализа, можно заметить, что в пойме р. Сак-Елга происходит увеличение площади, покрытой растительностью. В 2020-2022 гг. северо-западнее р. Сак-Елга происходит повышение интенсивности фотосинтеза.

Территория г. Карабаш. На снимках 1997 года заметно, что увеличивается количество площади, занятой растительностью на территории самого г. Карабаш. В 2013 году снова увеличивается площадь, не занятая

растительностью, что говорит о повышении негативного воздействия (Прил. 7). В 2020 году повышается не только площадь покрытая растениями, но и интенсивность ее развития. Наилучшие показатели достигаются в 2022 г. когда максимальные значения индекса NDVI на территории города достигают значений 0,419, что соответствует средней степени развития зеленой массы.

Восточный склон г. Лысая. При анализе состояния растительного покрова на восточном склоне г. Лысая следует учесть, что негативные выбросы преимущественно осаждаются на более высоких участках склона западной экспозиции. В результате расчета NDVI можно заметить значительное восстановление растительности у подножия горы. Также увеличивается интенсивность фотосинтеза, что подтверждается повышением значений индекса до 0,433, что соответствует средней степени развития растительности (Прил. 8). Таким образом, можно сказать, что экологическая обстановка в окрестностях Карабашского завода в последние годы стала улучшаться. Это подтверждается результатами расчета индекса NDVI в период с 1987 по 2022 годы.

Выводы

1. Для анализа состояния растительности можно использовать вегетационные индексы, рассчитываемые на основе данных спутниковой съемки. Доступны снимки за более чем 35-летний период.
2. Наихудшее состояние растительности за исследованный период отмечено в 1987 году, когда завод эксплуатировался на полную мощность, а природосберегающие технологии не внедрялись.
3. В 1997 году ситуация немного улучшается из-за того, что завод некоторое время не работал.
4. В 2020-2022 годах наблюдается увеличение площади занятой растительностью, и повышаются значения вегетационного индекса NDVI.
5. Работы по рекультивации и по внедрению природосберегающих технологий на Карабашском заводе положительно влияют на состояние растительности в окрестностях завода.

Заключение

Таким образом, можно сказать, что экологическая обстановка в окрестностях КМЗ в последние годы стала улучшаться. Это подтверждается результатами расчета индекса NDVI в период с 1987 по 2022 гг. Необходим дальнейший мониторинг динамики состояния растительности окрестностей завода на основе данных ДЗЗ с периодичностью 1 раз в 5 лет. Результаты исследования опубликованы в журнале «Горная промышленность. Юниор» в 2024 году.

Список использованной литературы

1. Бачурина А.В. Влияние промышленных поллютантов ЗАО «Карабашмедь» на состояние прилегающих лесных насаждений. Дисс. ... канд. с.-х. наук / Уральский государственный лесотехнический университет. - Екатеринбург, 2008. - 188 с.
2. Таций Ю.Г., Удачин В.Н. Воздействие выбросов металлургического производства на окружающую среду (на примере комбината Карабашмедь, Южный Урал). В книге: Ртуть и другие тяжелые металлы в экосистемах. Тезисы Всероссийской научной конференции и школы-семинара для молодых ученых, аспирантов и студентов. Отв. ред. Е.С. Иванова. - 2018. - С. 61-62.
3. Камалова Г.Т. «Карабашмедь» // Энциклопедия Челябинская область. Т.3. – Челябинск, 2004. – С.79-80.
4. Курбатова С.А. Экологические проблемы Урала на примере антропогенного загрязнения территории Челябинской области в результате «Кыштымской аварии» и развития медеплавильного завода «Карабашмедь». В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых. - Белгород, 2020. - С. 3132-3139.
5. Баширова, Ч.Ф. Индекс NDVI для дистанционного мониторинга растительности / Ч. Ф. Баширова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2019. — № 31 (269). — С. 30-31. — URL: <https://moluch.ru/archive/269/61895/> (дата обращения: 21.11.2024).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

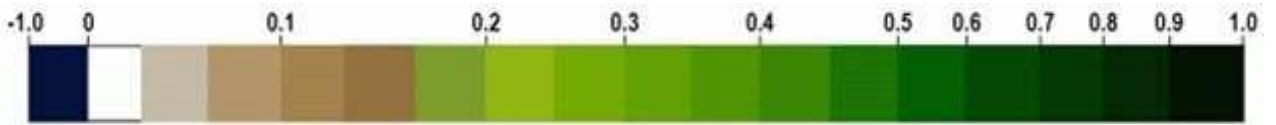


Рис.1. Цветовая шкала NDVI



Рис.2. Значения NDVI и соответствующие им типы растительного покрова



1987



1997



2013



2020

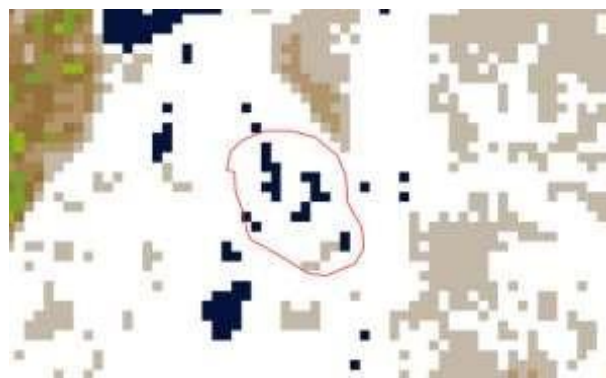


2022

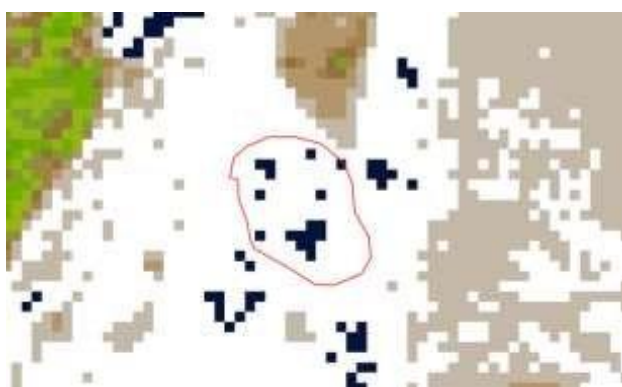
Рис.3. Результаты расчета вегетационного индекса NDVI, представленные в цветовой шкале



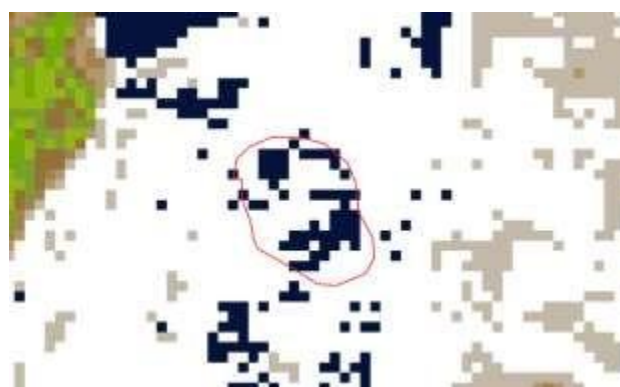
Снимок Google 2022 год



1987



1997



2013



2020



2022

Рис.4. Результаты расчета вегетационного индекса NDVI для территории бесхозного хвостохранилища, представленные в цветовой шкале



Снимок Google 2022 год

1987



1997

2013



2020

2022

Рис.5. Результаты расчета вегетационного индекса NDVI для территории хвостохранилища №3, представленные в цветовой шкале



Снимок Google 2022 год



1987



1997



2013



2020



2022

Рис.6. Результаты расчета вегетационного индекса NDVI для «Северного участка» (северный склон г. Лысая и ул. Пархоменко), представленные в цветовой шкале



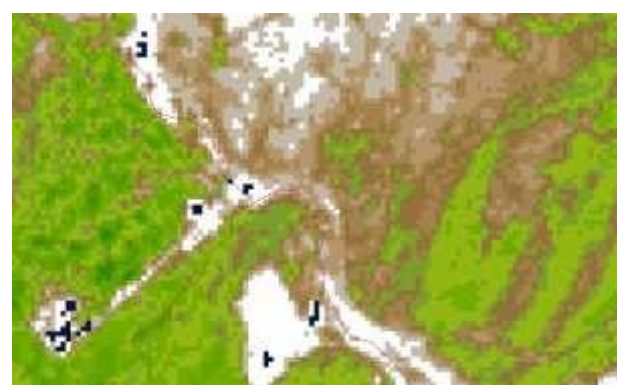
Снимок Google 2022 год



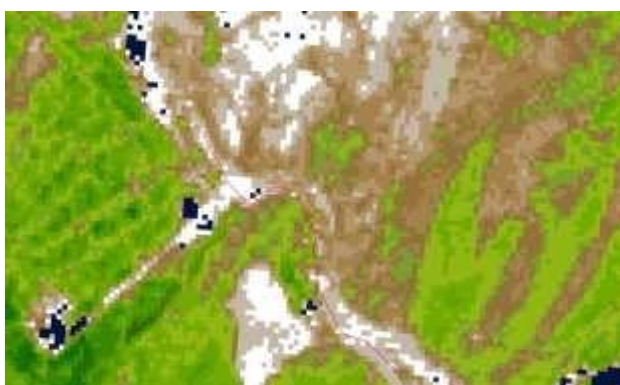
1987



1997



2013



2020



2022

Рис.7. Результаты расчета вегетационного индекса NDVI для «Южного участка» (Рыжий ручей и р. Сак-Елга), представленные в цветовой шкале



Снимок Google 2022 год



1987



1997



2013



2020



2022

Рис.8. Результаты расчета вегетационного индекса NDVI для территории г. Карабаш, представленные в цветовой шкале



Снимок Google 2022 год



1987



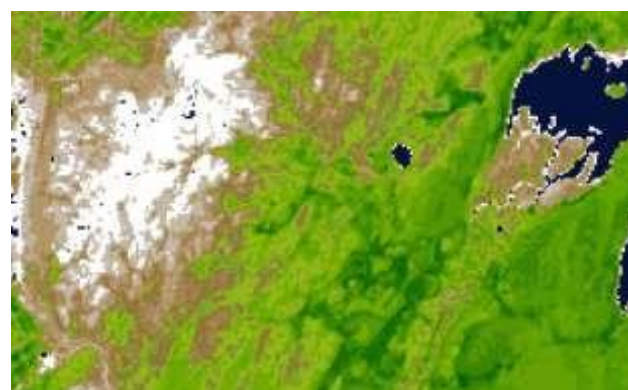
1997



2013



2020



2022

Рис.9. Результаты расчета вегетационного индекса NDVI для восточного склона г. Лыся, представленные в цветовой шкале