

ОЦЕНКА ЭРОЗИИ ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ (НА ПРИМЕРЕ КОЛХОЗА «МАЯК», РЕСПУБЛИКА БУРЯТИЯ)

Попова Е.Г., Цыдыпова М.В., Брылев К.Н.,

Бурятский филиал ФГБУ «Рослесинфорг», г. Улан-Удэ, Россия,

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия

Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова», г. Улан-Удэ, Россия

Аннотация. Картографирование распространения эрозии почв сельскохозяйственных земель с использованием данных дистанционного зондирования Земли (далее – ДЗЗ) является актуальной задачей, т. к. позволяет оценить состояние и площади эрозионной деградации земель, провести оценку динамики эрозионных процессов, спроектировать наиболее эффективные мероприятия по рекультивации почвенного плодородия земель. В связи с этим необходима разработка теоретических и методических основ изучения эрозии почвенного покрова по космическим снимкам. Целью исследования является разработка методики картографирования и оценки распространения эрозионных процессов сельскохозяйственных угодий на основе дешифрирования космических снимков. На основе полученных данных проведено картографирование и оценка степени распространения эрозии почв сельскохозяйственных угодий на территории бывшего колхоза «Маяк» в Республике Бурятия.

Ключевые слова. *Геоинформационное картографирование, эрозионные процессы, данные дистанционного зондирования Земли, цифровая модель рельефа*

ASSESSMENT OF AGRICULTURAL LAND SOIL EROSION USING REMOTE SENSING DATA (A CASE STUDY OF THE COLLECTIVE FARM «MAYAK», REPUBLIC OF BURYATIA)

Popova E. G., Tsydyпова M.V., Brilev K.N.

Buryat State University named after Dorzhi Banzarov, Ulan-Ude, Russia

National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

Buryat State University named after Dorzhi Banzarov, Ulan-Ude, Russia

Abstract. Mapping soil erosion of agricultural lands using remote sensing data is an urgent task, since it allows one to assess the state and area of land erosion degradation, assess the dynamics of erosion processes, and design the most effective measures for the reclamation of soil fertility. In this regard, it is necessary to develop theoretical and methodological foundations for studying soil degradation using satellite images. The assessment of agricultural lands erosion in the study area was based on the analysis, processing and interpretation of satellite images. Based on the data obtained, mapping and assessment of the extent of soil erosion processes in agricultural land on the territory of the former agricultural farm «Mayak» were carried out.

Keywords. *Ggeoinformation mapping, soil erosion, remote sensing data, digital elevation model*

Введение. В настоящее время во многих субъектах Российской Федерации происходит ухудшение состояние земель. Основными процессами деградации земель являются зарастание сельскохозяйственных земель, водная эрозия и дефляция, подтопление и заболачивание, засоление, деградация пастбищ и т.п. Согласно данным обследования распространения и развития негативных процессов в 2021 году наибольшую долю среди негативных процессов составили водная эрозия – 15,9 % обследованной площади (1 823,12 тыс. га), дефляция – 12,3

% (1 404,22 тыс. га), переувлажнение почв – 4,9 % (561,19 тыс. га) и засоление почв – 1,7 % (197,26 тыс. га).¹⁵

Оценка состояния земельного покрова необходима для понимания причин и последствий развития негативных процессов на землях сельскохозяйственных угодий, оценки воздействия их воздействия на продуктивность почв, разработке почвозащитных мероприятий.

Изучение эрозионной деградации земель с использованием ДЗЗ становится особенно актуальным в регионах интенсивного земледелия, так как это позволяет оперативно отслеживать изменения в почвенном покрове и динамику деградации. В связи с этим необходима разработка теоретических и методических основ изучения почвенного покрова по космическим снимкам.

В настоящее время данные ДЗЗ, геоинформационные технологии и цифровые модели рельефа активно применяются для оценки, моделирования и мониторинга процессов эрозии почв [Ермолаев, 2017; Курьянович, 2017; Романовская, Савин, 2020; El Jazouli et al., 2017; Ghosh et al., 2023; Mehwish et al., 2024; Ruksajai et al., 2023].

Цель исследования – разработка методики геоинформационного картографирования эрозионных процессов сельскохозяйственных земель по данным ДЗЗ на примере колхоза «Маяк» Тарбагатайского района Республики Бурятия.

Тарбагатайский район расположен в центральной части Республики Бурятия по правобережью реки Селенги. Согласно данным государственного мониторинга земель на 2023 год, на территории Тарбагатайского района наиболее активно развиваются водная эрозия, дефляция и линейная эрозия, затрагивая 79% земель района. Колхоз «Маяк» являлся одним из самых больших хозяйств района, его территория составляла 9 328 га.

Материалы и методы. Оценка распространения эрозии почв сельскохозяйственных угодий на территории исследования основывалась на анализе, обработке и дешифрировании космических снимков и других пространственных данных. В качестве исходных пространственных данных использованы:

1. Схема перераспределения земель колхоза «Маяк» 1990 года;
2. Топографические карты м-б 1: 50 000;
3. Космические снимки со спутника Sentinel 2 с пространственным разрешением 10 м/пиксель;
4. Космический снимок SPOT-6 с пространственным разрешением 6 м/пиксель;
5. Данные радарной топографической съемки ASTER GDEM с пространственным разрешением 30 м/пиксель.

Методика геоинформационного картографирования распространения эрозии почв по данным ДЗЗ включает следующие этапы:

1. Подбор и предварительная обработка картографических материалов и данных ДЗЗ на территорию исследования.
2. Пространственная привязка и векторизация землеустроительных карт.

Пространственная привязка раstra «Схема перераспределения земель колхоза «Маяк» Тарбагатайского района осуществлялась к топографическим картам.

В результате векторизации Схемы перераспределения земель колхоза «Маяк» созданы тематические слои: границы колхоза, сельскохозяйственные угодья, дороги, реки, леса, кустарники, населенные пункты, пески, камни.

После выполнения векторизации Схемы перераспределения земель произведена обрезка космических снимков по границам сельскохозяйственных угодий колхоза.

3. Визуальное и автоматизированное дешифрирование эрозионных процессов на землях сельскохозяйственного назначения

При визуальном дешифрировании снимка Sentinel 2 в синий-зеленый-красный комбинации каналов светлые пятна участков со смытым верхним слоем почвы расположены

¹⁵ Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2021 году. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. – 356 с.

сравнительно равномерно по всей площади развития негативного процесса. Проявления поверхностной эрозии имеют вид осветленных относительно основного фона почвенного покрова пятен или волнистых полос, которые наиболее четко дешифрируются при отсутствии вегетации (рис. 1). Также при визуальном дешифрировании достаточно четко определяются овраги.

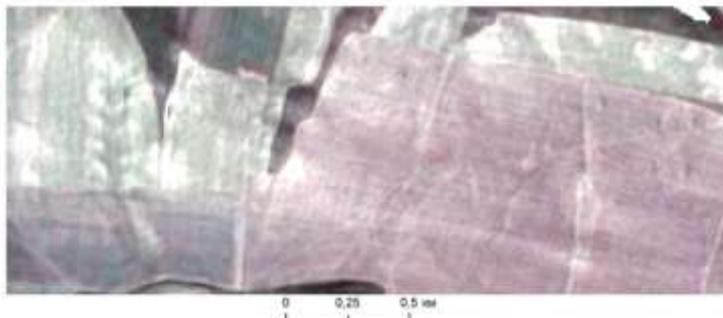


Рис. 1. Фрагмент космического снимка Sentinel 2 от 05.10.2019 г.

Картографирование контуров поверхностной эрозии проведено на основе автоматизированной классификации без обучения на основе алгоритма Isodata космического снимка со спутника Sentinel 2. Классификация без обучения (неуправляемая классификация) – это процесс, при котором распределение пикселей изображения происходит автоматически, на основе анализа статистического распределения яркости пикселей. Экспериментальным путем выявлено, что классификация на 24 класса является наиболее информативной для выявления процессов поверхностной эрозии (рис. 2) на территории исследования.

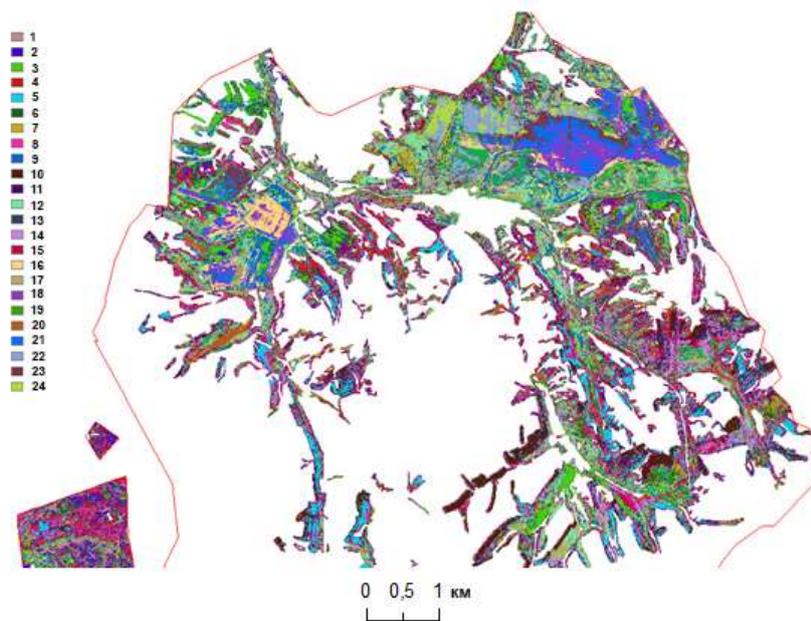


Рис. 2. Фрагмент карты классификации без обучения

В результате интерпретации результатов автоматизированного дешифрирования выявлено, что классы с 1 по 5 относятся к лесам, классы 6-15 к иной растительности, классы 16-22 относятся к пашням, классы 23 - 24 – сельскохозяйственные угодья, подверженные эрозии почв.

На основе выборки классов, отображающих поверхностную эрозию, создается новый векторный слой. Далее выполняются генерализация векторного слоя и рассчитываются площади участков, подверженных эрозии. На рис. 3 представлен фрагмент космического снимка Sentinel 2 с наложением слоя проявления поверхностной эрозии.

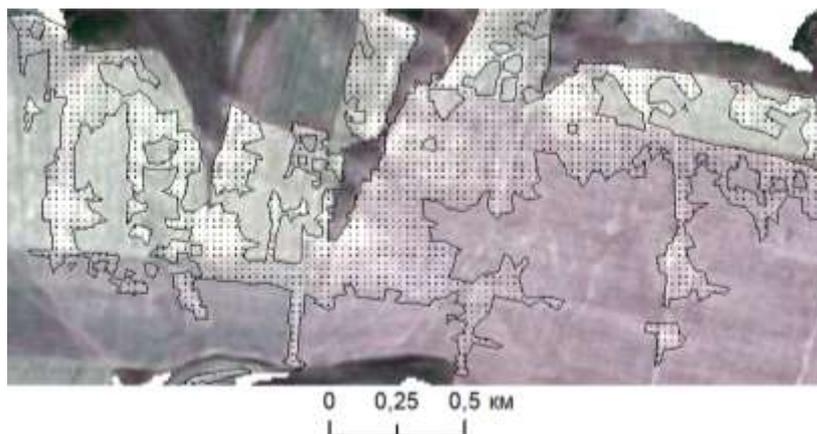


Рис. 3. Отображение плоскостного смыва почв на снимке Sentinel 2 в синтезе каналов синий-зеленый-красный. Серый контур с точечным рисунком— область распространения поверхностной эрозии на склоне

На территории исследования линейная эрозия происходит преимущественно на небольших участках поверхности. Автоматизированное дешифрирование космических снимков со средним пространственным разрешением (10-30 м /пикс.) не позволяет в полной мере выявить линейную эрозию. Поэтому создание векторного слоя территорий, подверженных линейной эрозии, проведено на основе визуального дешифрирования с помощью ручной векторизации снимка со спутника SPOT-6. Овражно-балочные сети хорошо идентифицируются по древовидному рисунку, наличию бровки, линий тальвегов [Шихов и др, 2020].

При дешифрировании также учитывался угол наклона склонов. Для выявления крутизны склонов, на которых распространены эрозионные процессы, создана карта уклонов местности на основе цифровой модели рельефа по данным радарной топографической съемки Aster GDEM.

Результаты и их обсуждение. На основе расчёта процентного соотношения суммы площадей линейной и поверхностной эрозии к площади сельскохозяйственного угодья, которому они относятся, определена доля эродированных почв к общей площади с.-х. угодья. Далее определена степень распространения эрозии почв сельскохозяйственных угодий согласно классификации, приведенной в таблице 1.

Таблица 1.

Классификация степени распространения эрозии почвенного покрова

Table 1. Classification of the intensity of soil erosion

Степень распространение эрозии почв	Доля эродированных почв, % от общей площади с.-х. угодий
Земли, практически не подверженные эрозионным процессам	0-0,9
Слабая	1,0-5,0
Средняя	5,1-10
Сильная	10,1-20
Очень сильная	>20

На основе полученных материалов создан предварительный вариант карты степени распространения эрозии почв сельскохозяйственных угодий территории исследования (рис. 4)

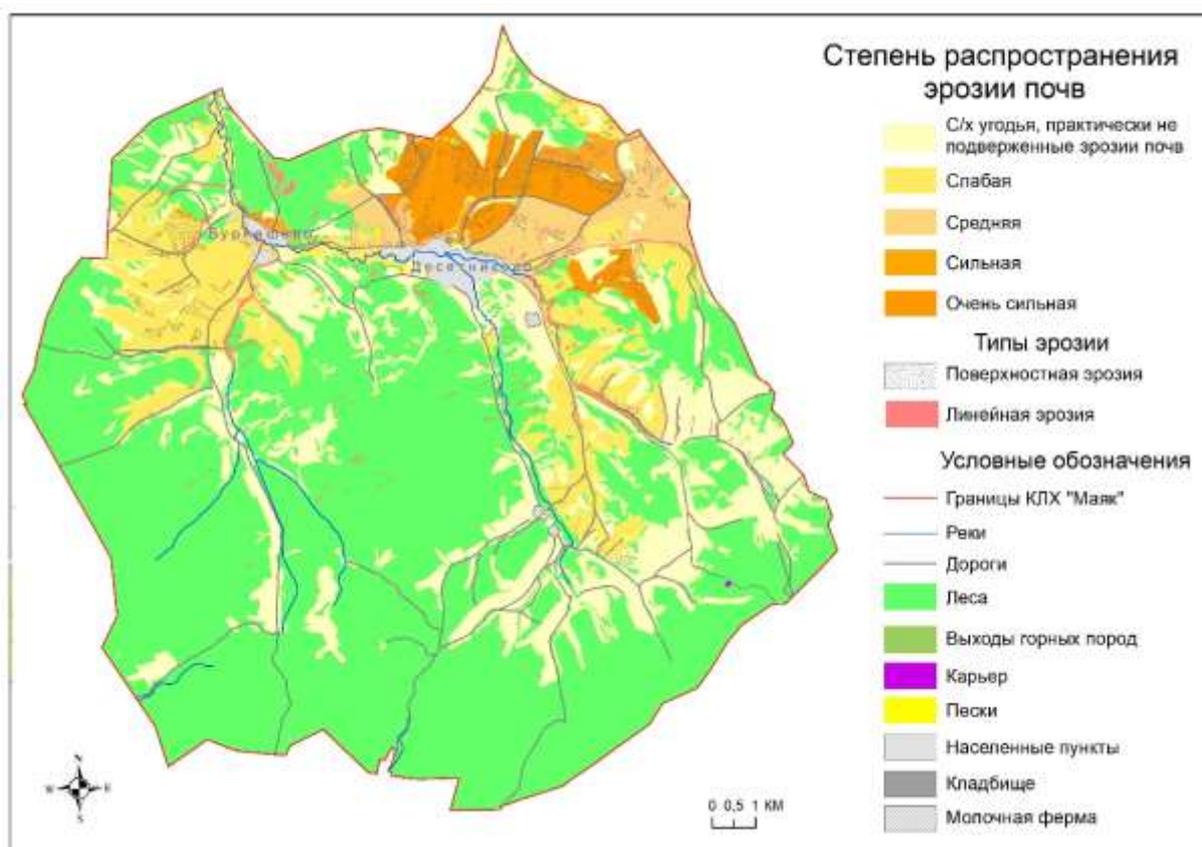


Рис. 4. Фрагмент карты степени распространения процессов эрозии почв сельскохозяйственных угодий колхоза «Маяк» Тарбагатайского района Республик Бурятия

В результате проведенного исследования выявлено, что по состоянию на 2022 год, площадь земель, подверженных эрозионным процессам, составляет 625 га (6 % от общей площади сельскохозяйственных угодий колхоза «Маяк»), из них 141 га – площади, подверженные линейной эрозии и 483 га – площади, подверженные поверхностной эрозии.

Сопоставление данных ДЗЗ и карты крутизны склонов позволило выявить, что на территории исследования наиболее развиты процессы эрозии почв на склонах с уклоном от 3° до 28°.

Наиболее густые овражно-балочные сети наблюдаются вокруг населенных пунктов с. Десятниково и с. Бурнашево.

Выводы.

Предложенная методика на основе автоматизированного и визуального дешифрирования космических снимков и применение данных ЦМР позволяет выявить площади распространения эрозионных процессов и оценить степень их распространения на территории исследования, а также регулярно проводить мониторинг состояния почвенных ресурсов для своевременного выявления и предотвращения процессов деградации почв.

Результаты исследования могут быть применены при планировании почвозащитных мероприятий, инженерной защиты наиболее подверженных размыву участков местности, кадастровой оценки земель, при разработке документов территориального планирования. Для верификации и уточнения полученных результатов, дальнейшего усовершенствования разработанной методики необходимо проведение полевых исследований.

Литература

1. *Ермолаев О.П.* Геоинформационное картографирование эрозии почв в регионе Среднего Поволжья. Почвоведение, 2017. № 1. С. 130–144. DOI: 10.7868/S0032180X17010075.
2. *Курьянович М.Ф., Черныш А.Ф., Шалькевич Ф.Е.* Методические подходы к составлению и обновлению почвенных карт с использованием материалов дистанционных съемок. Почвоведение и агрохимия, 2017. №2(59). С. 26-34.
3. *Романовская А.Ю., Савин И.Ю.* Современные методы мониторинга ветровой эрозии почв. Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева, 2020. №104. С. 110-157. DOI: 10.19047/0136-1694-2020-104-110-157.
4. *Шихов А.Н., Герасимов А.П., Пономарчук А.И., Перминова Е.С.* Тематическое дешифрирование и интерпретация космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения: учебное пособие. Пермь: ПГНИУ, 2020. 191 с. Электронный ресурс: <http://www.psu.ru/nauka/elektronnye-publikatsii/uchebnye-posobiya-i-metodicheskie-materialy/a-n-shikhov-a-p-gerasimov-a-i-ponomarchuk-e-s-perminova-tematicheskoe-deshifrirovaniye-i-interpretatsiya-kosmicheskikh-snimkov-srednego-i-vysokogo-prostranstvennogo-razresheniya> (дата обращения: 22.02.2025).
5. *El Jazouli A., Barakat A., Ghafiri A., El Moutaki S., Ettaqy A., Khellouk R.* Soil erosion modeled with USLE, GIS, and remote sensing: a case study of Ikkour watershed in Middle Atlas (Morocco). Geosci. Lett, 2017. V. 4, No. 25. DOI: 10.1186/s40562-017-0091-6 (дата обращения: 22.02.2025).
6. *Ghosh A., Rakshit S., Tikle S., Das S., Chatterjee U., Pande C. B., Alataway A., Al-Othman A. A., Dewidar AZ., Mattar M. A.* Integration of GIS and remote sensing with RUSLE model for estimation of soil erosion. Land, 2023. V. 12. No. 1. 116. DOI: 10.3390/land12010116.
7. *Mehwish M., Nasir M. J., Raziq A., Al-Quraishi A. M. F., Ghaib F. A.* Soil erosion vulnerability and soil loss estimation for Siran River watershed, Pakistan: an integrated GIS and remote sensing approach. Environmental Monitoring and Assessment, 2024. V. 196(1). 104. DOI: 10.1007/s10661-023-12262-x.
8. *Ruksajai N., Konyai S., Sriboonlue V.* Forecasting Soil Erosion risk using GIS and remote sensing for the Nam Un Basin, Sakon Nakhon Province, Thailand. Polish Journal of Environmental Studies, 2023. V. 32. No. 2. P.1767-1780. DOI: 10.15244/pjoes/156791.