

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В БАССЕЙНЕ РЕК ОЗЕРНАЯ ВОСТОЧНАЯ И УКА (ПОЛУОСТРОВ КАМЧАТКА) В РЕЗУЛЬТАТЕ РАЗРАБОТКИ ОЗЕРНОВСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

С.Г. Коростелев¹, С.Р. Чалов^{2,3}, Д.И. Школьный², В.Н. Цыпленкова²

¹Камчатский филиал ФГБУН Тихоокеанский институт географии, г. Петропавловск-Камчатский

²ФГБОУ ВО Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва

³ФГБНУ Всероссийский Институт Рыбного Хозяйства и Океанографии, г. Москва

Аннотация. В процессе разработки рудных месторождений происходят масштабные нарушения ландшафта, при этом техногенные новообразования на рельефе неустойчивы и нестабильны, поскольку располагаются в горной местности в сложных инженерно-геологических условиях. Уничтожается почвенный покров, образуются техногенные отвалы, что приводит к активизации эрозионных процессов. В статье представлены результаты о нарушении земель в верховьях р. Озерная Восточная и Ука в результате разработки Озерновского золоторудного месторождения, полученные при помощи анализа спутниковых снимков Landsat и Sentinel за период с 2009 по 2023 гг.

Ключевые слова: Полуостров Камчатка, Золоторудное месторождение, реки Озерная Восточная и Ука, спутниковые снимки, нарушенные земли

GEOINFORMATION MODEL OF DISTURBED LANDS IN THE OZERNAYA VOSTOCHNAYA AND YKA RIVERS BASIN (KAMCHATKA PENINSULA) AS A RESULT OF THE DEVELOPMENT OF THE OZERNOVSKY GOLD DEPOSIT

Korostelev S.G.¹, Chalov S.R.^{2,3}, Shkolny D.I.², Tsyplenkova V.N.²

¹Kamchatka Branch of the Pacific Institute of Geography, Petropavlovsk-Kamchatsky

²Lomonosov Moscow State University, Moscow

³Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow

Abstract. In the process of developing ore deposits, large-scale disturbances of the landscape occur, while man-made new formations on the relief are unstable and unstable, since they are located in mountainous areas in difficult engineering and geological conditions. The soil cover is destroyed, man-made dumps are formed, and erosion processes are activated. The article presents the results of land disturbance in the upper reaches of the Ozernaya Vostochnaya and Yka rivers as a result of the development of the Ozernovskoye gold deposit, obtained using the analysis of Landsat and Sentinel satellite images for the period from 2009 to 2023.

Keywords: Kamchatka Peninsula, Gold ore deposit, Ozernaya Vostochnaya and Yka Rivers, satellite images, disturbed lands

Золоторудные месторождения, а также действующие, строящиеся и планируемые золотоизвлекательные фабрики (ЗИФ) и хранилища отходов горно-обогатительных комбинатов (ГОК) на Камчатке расположены, как правило, в приводораздельной зоне горных массивов — преимущественно в верховьях высокопродуктивных лососевых рек, в зонах с высокой степенью опасности природных процессов, активностью склоновых и мерзлотных процессов. Большой объем атмосферных осадков, бурные паводки, высокое обводнение территории, интенсивная миграция подземных вод, высокая водонасыщенность и водопроницаемость горных пород, высокая степень лавинной и селевой опасности создают идеальные условия быстрого размывания и выноса в реки отходов из мест захоронения.

Основными компонентами воздействия на окружающую природную среду, включая водные биоресурсы, являются следующие:

1. Нарушение земель на территории горного отвода (уничтожение природных ресурсов, образование отвалов, строительство накопителей токсичных отходов переработки руд);
2. Переполнение избыточными атмосферными (дождевыми и талыми) водами хвостохранилищ и отстойников;
3. Аварийные ситуации вследствие экстенсивной осадки ложа и водозадерживающих дамб хвостохранилищ, в т.ч. в результате термокарста, сейсмических событий и т.д;
4. Просачивание хвостохранилищ и прудов-отстойников вследствие нарушений требований к полноте и качеству проектирования хвостохранилищ, строительству противодиффузионных экранов.

Для оценки изменения площадей нарушенных земель в период эксплуатации горнодобывающих объектов был собран массив спутниковых снимков Landsat и Sentinel за период с 2009 по 2023 гг. (табл. 1), сопоставление которых позволило оценить ежегодный прирост затронутой антропогенной деятельностью площадей. С учетом разрешения снимков (10 м для аппарата Sentinel, 30 м для Landsat) дешифрирование проводилось на основе индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), получаемого из спектральных каналов и отражающего состояние поверхности (рис. 1).

Таблица 1

Перечень отобранных снимков

Дата снимка	Съемочный аппарат
05.09.2009	Landsat 5
03.08.2011	
24.08.2013	
03.09.2014	Landsat 8
29.07.2015	
22.07.2016	
19.08.2017	Sentinel 2
31.08.2018	
05.09.2019	
04.09.2020	
10.08.2021	
08.08.2022	
15.08.2023	

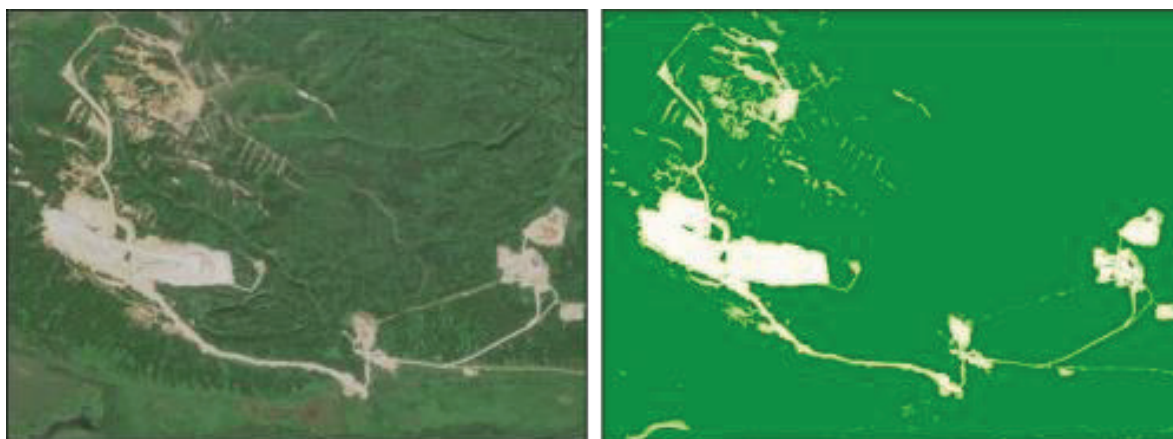


Рис. 1. Участок Озерновского месторождения на снимке Sentinel 2 в естественных цветах (слева) и классифицированный по индексу NDVI (справа)

Изменения, связанные с процессом добычи и расширением затронутой территории, хорошо видны на сводной композиции доступных снимков (рис. 2). К 2009 г. на территории месторождения были пройдены разведочные линии, проложено несколько дорог и начата добыча в южной части. Наиболее интенсивное развитие началось после 2018 г., когда была построена автомобильная дорога до месторождения.

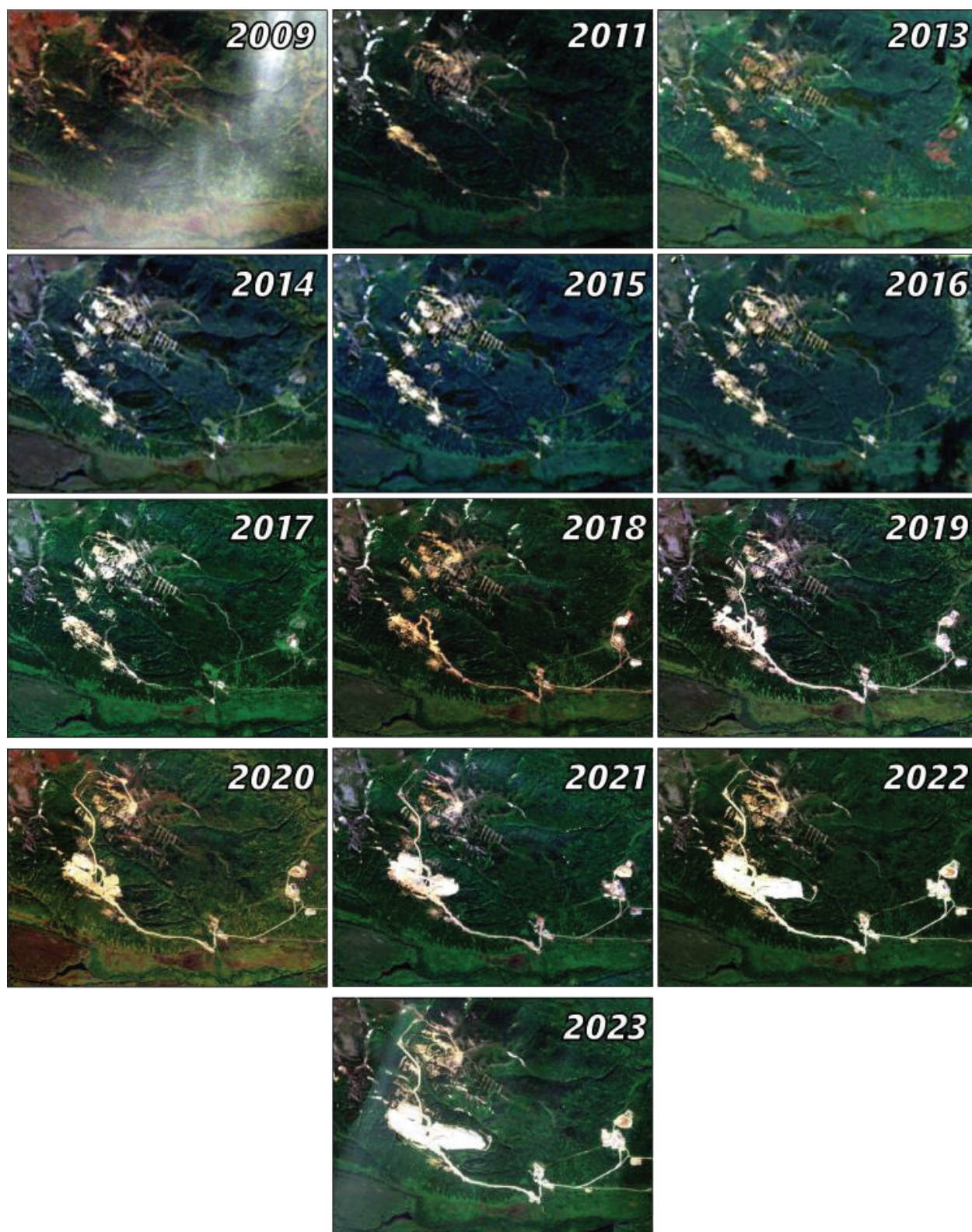


Рис. 2 – Сводная композиция снимков на участок Озерновского месторождения

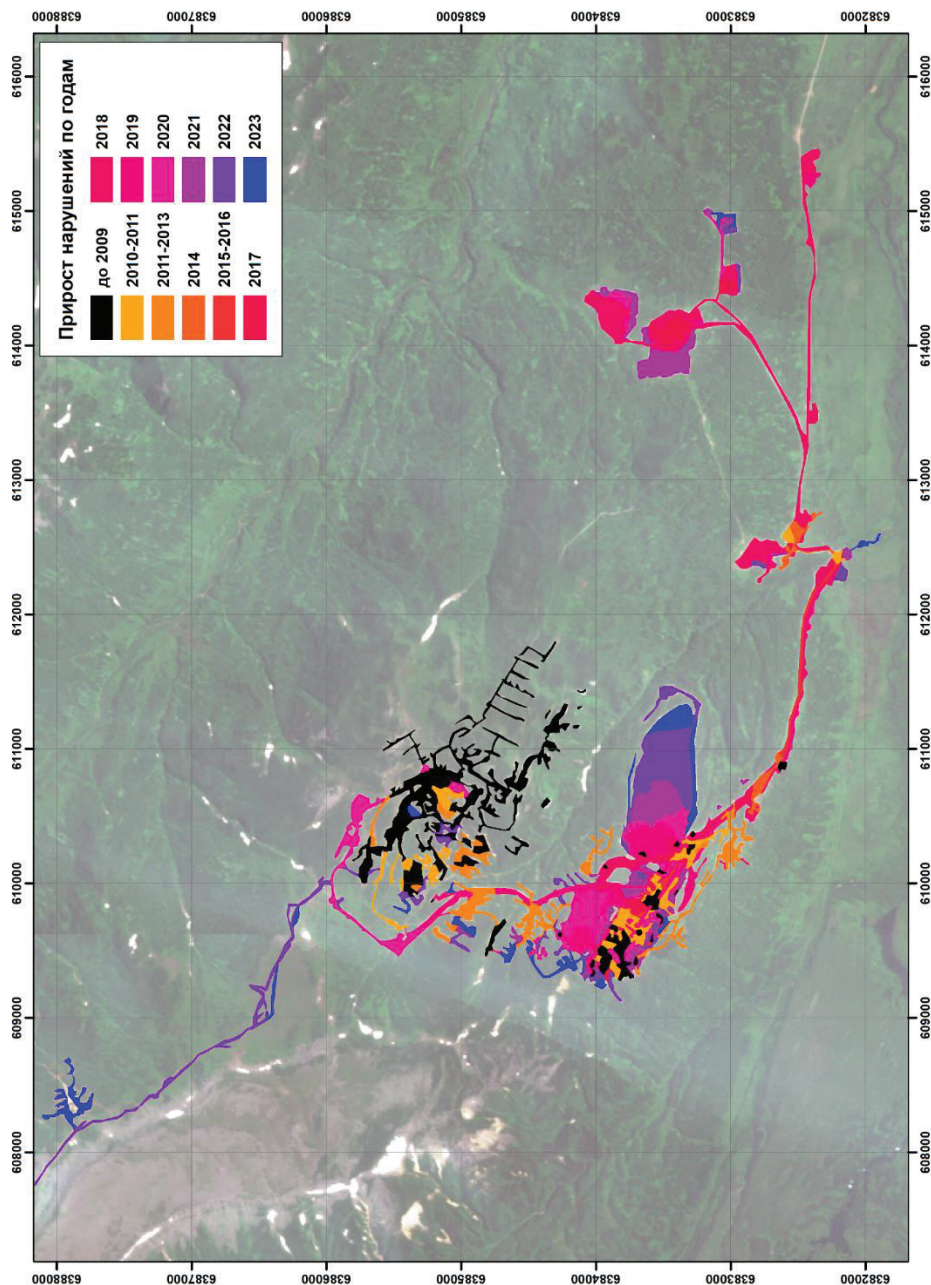


Рис. 3. Погодичный прирост нарушенных земель на территории Озерновского месторождения

Для анализа межгодовой изменчивости нарушенная территория на основании снимков была разделена по годам (рис. 2), что позволило рассчитать ее площадь (табл. 2). Общая площадь нарушений бассейнов рек Озерная Восточная и Ука на настоящий момент составляет 3,1 км². Около 20% от суммарной площади составляют дорожные насыпи. На момент возобновления горно-разведывательных работ (ГРР) в период 2005-2009 гг. площадь первичных нарушений составляла 0,55 км², между 2009 и 2017 гг. прирост происходил за счет продолжения ГРР и обустройства территории и составлял от 22 до 117 тыс. м²/год. С 2018 г. началось формирование отвалов пород, в связи с чем ежегодный прирост нарушенных площадей в 1 год составил 447 тыс. м²/год, в последующие годы не опускался ниже 200 тыс. м²/год.

Изменение площадей нарушений

Период	Общая площадь, км ²	Прирост площади, км ²
до 2009	0	0.552
2010-2011	0.73	0.178
2012-2013	0.965	0.235
2014	1.016	0.051
2015-2016	1.061	0.045
2017	1.136	0.074
2018	1.583	0.447
2019	1.889	0.307
2020	2.203	0.314
2021	2.491	0.288
2022	2.887	0.396
2023	3.096	0.209

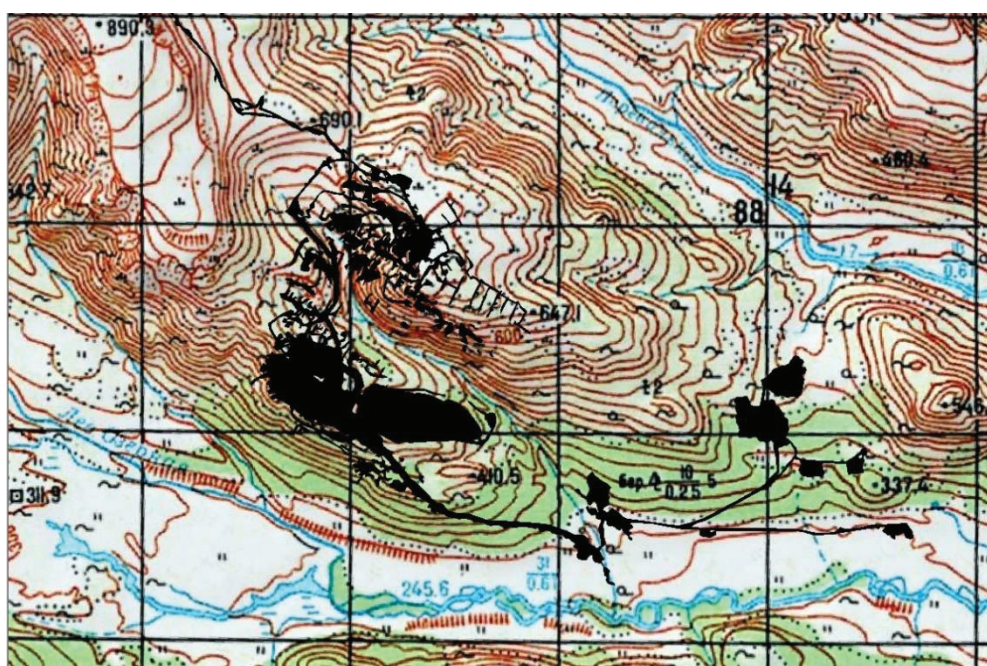


Рис. 3 – Проекция нарушенных земель на топографическую карту

Проекция нарушенных земель на топографическую карту (рисунок 3) показывает, что основная часть нарушенных земель располагается на междуречной поверхности, в отдельных местах затрагивает водные объекты. 9% нарушений находятся на водосборе реки Перевальная (бассейн р. Ука), 91% – на водосборе реки Левая Озерная (бассейн р. Озерная), в т.ч. 58% – на водосборе ручья Хомут (приток р. Лев. Озерная). Именно он испытывает наиболее сильное антропогенное воздействие.

Благодарность. Работа выполнена в рамках государственного задания КФ ТИГ ДВО РАН по теме «Структурно-функциональная организация, динамика и продуктивность наземных и прибрежных экосистем на Дальнем Востоке РФ. Разработка научных основ и экономических инструментов устойчивого природопользования» (№ ЕГИСУ 124012700496-4).