

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Макарьева О.М.¹
Илюшина П.Г.²
Шихов А.Н.³

¹ Институт наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета, Пермь, Россия

² Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

³ Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

ВВЕДЕНИЕ

Золотодобыча на рудных и россыпных месторождениях сопровождается значительным воздействием на природную среду, в частности загрязнением рек взвешенными веществами и тяжёлыми металлами, и нарушением земель. В зоне сплошного распространения многолетней мерзлоты, к числу которых относится Северо-Восток России, восстановление ландшафтов на нарушенных участках занимает продолжительное время, что усугубляет перечисленные проблемы.

Магаданская область занимает первое место в России по добыче россыпного золота. Значительные площади земель ежегодно подвергаются техногенному нарушению. Оценка масштабов этого процесса может эффективно выполняться методами спутникового мониторинга. Также при золотодобыче в реки поступают значительные объёмы взвешенных веществ, которые распространяются вниз по течению от перерабатываемых драгой участков русел и пойм.

Цель исследования состоит в картографировании нарушения земель и загрязнения водных объектов золотодобывающими предприятиями Магаданской области по спутниковым снимкам Landsat и Sentinel-2.

ДАННЫЕ И МЕТОДЫ

► Анализ динамики нарушенности земель выполнен по многолетнему архиву данных Landsat (сенсоров TM, ETM+, OLI), путём сравнения снимков за первые годы работы миссии Landsat-7 (1999-2003) и современных снимков Landsat-8. Выделение нарушенных земель производилось на основе пороговых значений NDVI. Исследована территория трёх районов Магаданской области.

► Также выполнена более детальная оценка площади нарушений за последние годы путём сопоставления разновременных снимков Sentinel-2 за 2016-2018 и 2022 гг. для всей территории области (рассматривались территории отводов под добычу полезных ископаемых).

► Оценка загрязнения воды взвешенными веществами выполнена с применением модуля The Case 2 Regional Coast Color Processor (C2RCC Processor, Brockmann et al., 2016), разработанного для программного пакета ESA SNAP.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

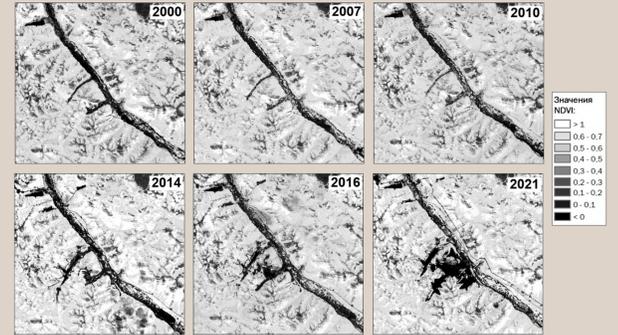


Рис. 1. Динамика NDVI на участках освоения Наталькинского золоторудного месторождения по спутниковым снимкам Landsat 7-8 за период 2000 – 2021 гг.

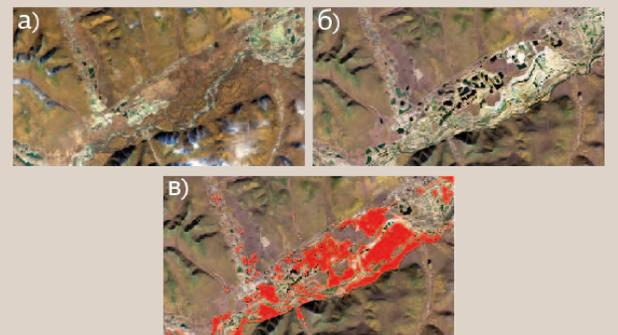


Рис. 2. Фрагменты снимков Landsat за разные годы: а) за 2001 год; б) за 2021 год; в) область нарушения земель при россыпной добыче золота, выделенная на основе разности NDVI, показана красным

РЕЗУЛЬТАТЫ: КАРТОГРАФИРОВАНИЕ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

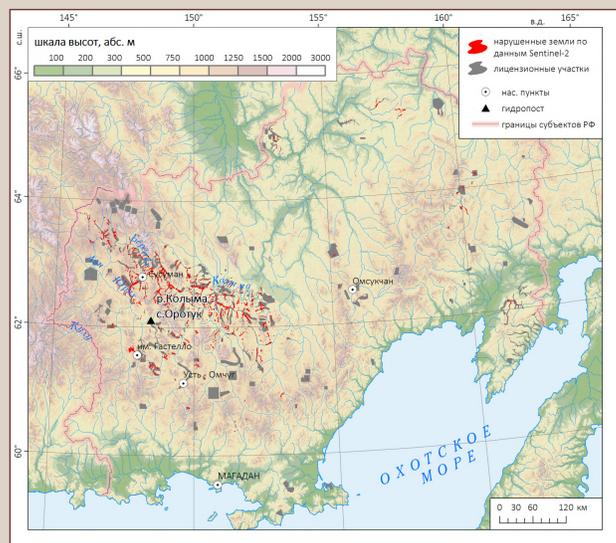


Рис. 3. Географическое положение ключевого участка и результаты дешифрирования нарушенных земель по данным Sentinel-2 в 2016(2018) – 2022 гг.

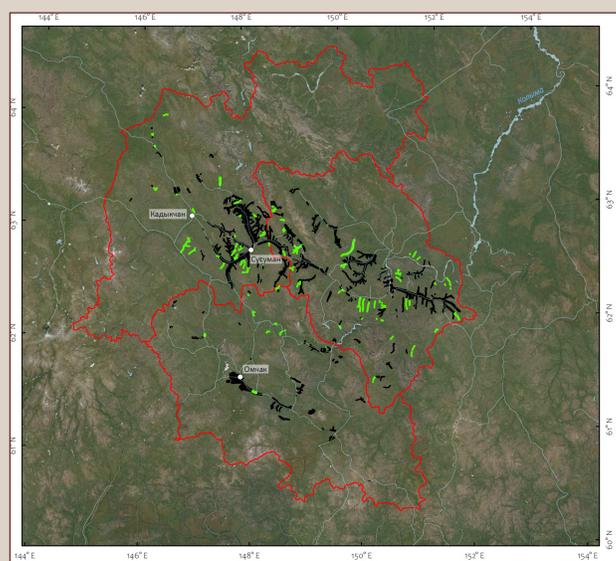


Рис. 4. Положение участков нарушенных земель на территории Сусуманского, Тенькинского и Ягоднинского районов. Чёрным показаны отвалы, где процессы восстановления растительности не наблюдаются; зелёным – отвалы с явными признаками восстановления растительности

РЕЗУЛЬТАТЫ: ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

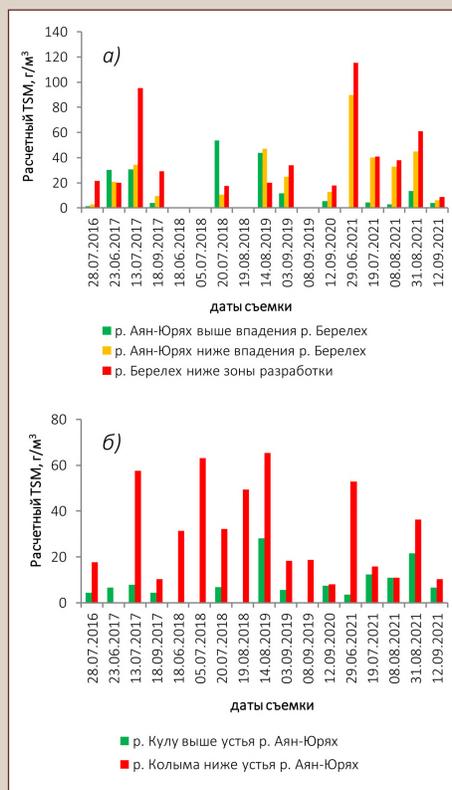


Рис. 6. Расчётные значения TSM по снимкам Sentinel-2 на тестовых участках вблизи слияния рек Аян-Юрях и р. Берёлёх (а), р. Аян-Юрях и р. Кулы (б)

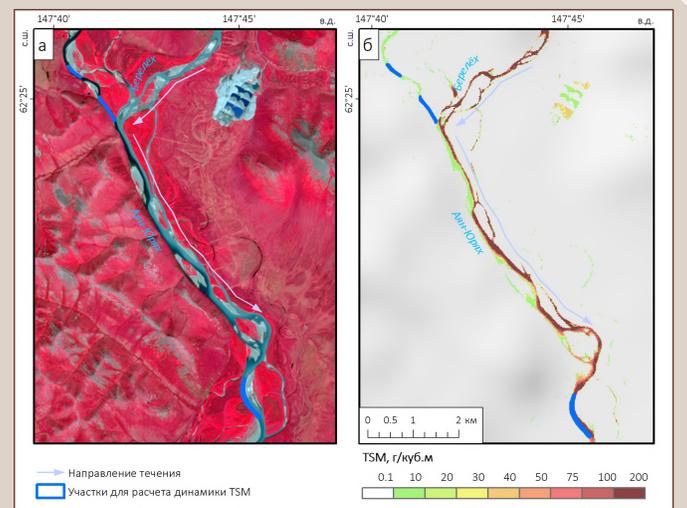


Рис. 5. Фрагмент снимка Sentinel-2 за 19.07.2021 г. в комбинации каналов NIR-Red-Green на участок у слияния рек Аян-Юрях и Берёлёх (а), и расчётные значения TSM в воде (б)

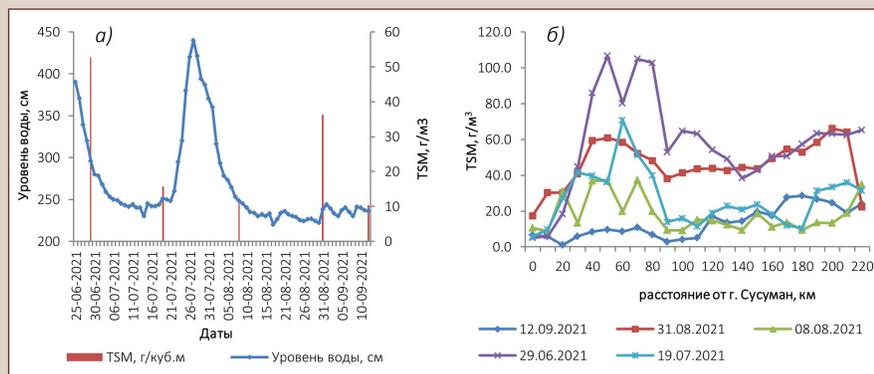


Рис. 7. Динамика расчётных значений TSM по снимкам Sentinel-2 и уровня воды по данным гидропоста р. Колыма – с. Оротук (а), и изменения расчётных TSM вниз по течению рек от г. Сусуман до Колымского вдхр. (б).

Данные за летний период 2021 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основным результатом проведенного исследования является оценка площади нарушенных земель на территории Магаданской области. Общая площадь земель, нарушенных при разработках полезных ископаемых в Сусуманском, Ягоднинском и Тенькинском районах, оценена как 2 278 км², или 2% от общей площади территории. Из них только для 10% наблюдаются процессы восстановления растительности. На территории области в целом по снимкам Sentinel-2 выявлено около 260 км² земель, нарушенных при разработках за последние 4-6 лет. Наибольший масштаб современного техногенного воздействия выявлен в долине р. Берёлёх, а также ряда рек на территории Ягоднинского районов.

Также в результате исследования мутности воды по снимкам Sentinel-2 с применением модуля C2RCC Processor установлено, что основным источником загрязнения рек взвешенными веществами на территории Сусуманского и Тенькинского районов в настоящее время являются разрабатываемые россыпные месторождения золота в пойме р. Берёлёх. Повышенные относительно фона концентрации взвешенных веществ в воде сохраняются вплоть до Колымского вдхр., т.е. почти на 200 км от источника загрязнения. Расчётные значения TSM в воде ниже источника загрязнения повышаются в 2-16 раз, при этом сезонная изменчивость определяется гидрологическими условиями (мутность уменьшается в период межени и растёт при высоких уровнях воды). Дальнейшие исследования в данном направлении предполагают проведение полевой верификации полученных оценок TSM, а также выявление значимых источников загрязнения вод в других районах Магаданской области.