

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ МАЛОГО МОРЯ ОЗЕРА БАЙКАЛ**

В статье поставлена цель проанализировать браузерные способы доступа к спутниковым снимкам без использования специализированных программ, оценить имеющийся инструментарий, временной охват и возможности получения численных результатов. Проведено сравнение Landsat Explorer и EO Browser для анализа снимков Landsat и Sentinel-2. В качестве объекта анализа выбрана прибрежная территория Малого моря оз. Байкал. Landsat Explorer позволяет получать численные значения площадей зоны интереса, снимки Landsat охватывают достаточно протяженный период наблюдений. Полученные данные совпадают с данными из других источников. Дополнительно есть возможность визуализации территории лесных пожаров в ретроспективе. Полученные оценки позволяют принимать оперативные решения в области управления туристическими потоками в регионе.

*Ключевые слова:* Малое море; озеро Байкал; Landsat Explorer; EO Browser; лесные пожары.

**E.V. Boldanova**

## **USING REMOTE MONITORING DATA TO ASSESS THE CONDITION OF MALOE MORE COASTAL ZONE OF LAKE BAIKAL**

The article aims to analyze browser-based methods of accessing satellite images without using specialized programs, to evaluate the available tools, time coverage and the possibility of obtaining numerical results. A comparison was made between Landsat Explorer and EO Browser for analyzing Landsat and Sentinel-2 images. Maloe more coastal area of Lake Baikal was chosen as the object of analysis. Landsat Explorer allows you to obtain numerical values of the areas of the area of interest; Landsat images cover a fairly long observation period. The data obtained coincides with data from other sources. Additionally, it is possible to visualize the territory of forest fires in retrospect. The obtained estimates will allow making operational decisions in the field of managing tourist flows in the region.

*Keywords:* Small Sea; Lake Baikal; Landsat Explorer; EO Browser; forest fire.

### **Введение**

Иркутская область славится оз. Байкал. На его берега каждый год приезжает много туристов. Особенно популярным направлением является район Ма-

лого моря оз. Байкал. К побережью прилегает лесная зона, подвергающаяся серьезному антропогенному воздействию. Состояние этой территории вызывает опасения и требует постоянного мониторинга [1–3]. В качестве одного из инструментов мониторинга может служить использование данных дистанционного зондирования.

Спутниковые снимки среднего разрешения, такие как Landsat, Sentinel-2, используются широко в мировом масштабе. Одной из преград к применению космоснимков была необходимость обработки в специальных программах, требующих определенной практической подготовленности пользователей. В настоящее время появились браузерные версии доступа к базе данных спутниковых снимков и облачной обработке.

Целью данного исследования было проанализировать существующие возможности получения данных из космоснимков с использованием браузера без установки специализированного программного обеспечения.

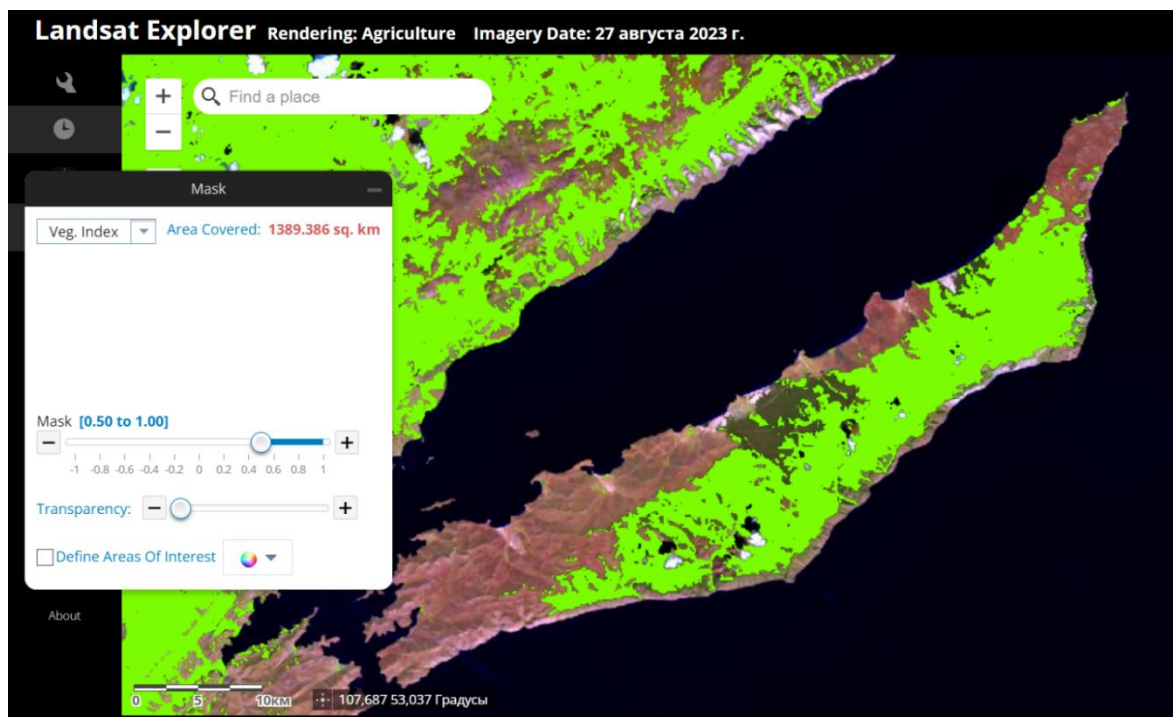
В качестве сопутствующих задач было определено провести оценку глубины временного ряда имеющихся космоснимков, их полноты и качества, виды информации, извлекаемой из спутниковых снимков и сопоставление с данными из других источников.

Объектом исследования была выбрана прибрежная территория Малого моря оз. Байкал.

В качестве исходных данных исследования использовались данные Landsat Explorer компании ESRI, база данных LivingAtlas, реализованная в браузерной версии (<https://livingatlas2.arcgis.com/landsatexplorer>) [4]. Здесь представлены данные спутниковых наблюдений со спутников группировки Landsat (1–3, 4–5, 8–9). Доступны снимки с 1975 г. Временной ряд 1975–2011 гг. неполный. В это время съемка велась с ограничениями технического характера. С запуском Landsat-8 и 9 эти ограничения были сняты, поэтому с 2013 г. съемка ведется с большей частотой. В 2012 г. съемка велась только Landsat-7, но из-за сбоя системы наведения камеры результаты неудовлетворительные, поэтому в данной базе эти снимки отсутствуют.

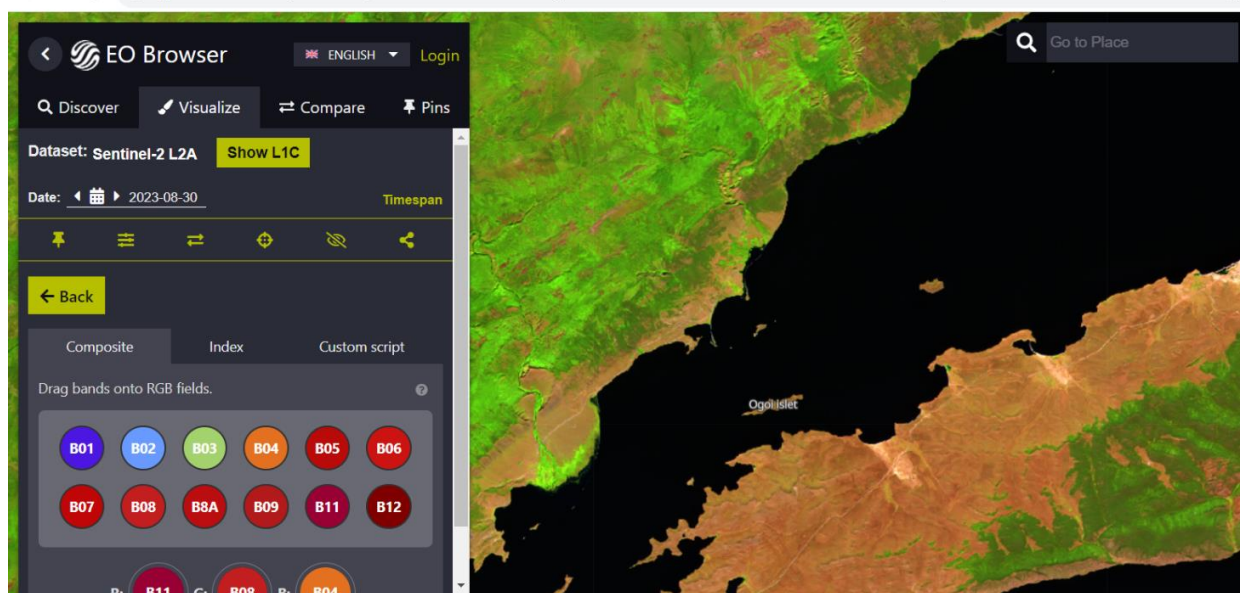
В Landsat Explorer есть возможность выбора различных комбинаций каналов, имеющие разное назначение (сельскохозяйственное, геологическое, батиметрическое и др.), а также представление различных индексов (вегетационный, водный, индекс горимости и др.). Есть возможность пользовательского выбора каналов (например, для дешифрования лесной растительности лучше подходит комбинация каналов не Red-Green-Blue, а SWIR-NIR-Red) и пользовательских разностных индексов (рис. 1).

В инструментах заложена возможность сравнения двух разных снимков с использованием так называемой «Шторки» для изменения отображения. Кроме того, есть инструмент «Маска», позволяющий подсвечивать области, имеющие определенные значения выбранного индекса. Это позволяет, например, быстро оценить площади со здоровой растительностью или площади, пройденные огнем. Несомненным плюсом рассмотренного сервиса является возможность быстрой оценки площади зоны интереса.



**Рис. 1. Пример отображения вегетационного индекса  $NDVI > 0,5$  в Landsat Explorer**

Кроме Landsat Explorer рассматривался также EO Browser европейской службы Sentinel Hub (<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>) [5], предоставляющий в первую очередь снимки Sentinel-2 (рис. 2).



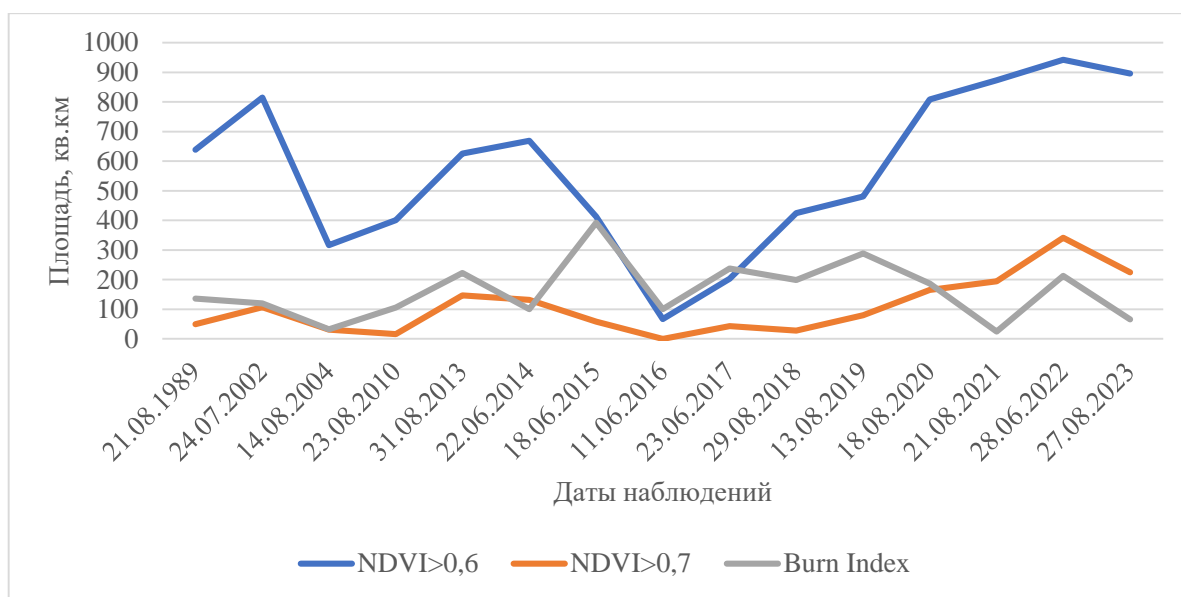
**Рис. 2. Пример отображения пользовательского набора каналов SWIR-NIR-Red в EO Browser**

Это снимки более высокого пространственного разрешения (размер пиксела  $10 \times 10$  м против  $30 \times 30$  м у снимков Landsat). Но временной ряд начинается с 2016 г., когда был произведен запуск первого спутника данной группировки.

Снимки сняты с большей регулярностью, есть возможность просмотра практически всех снимков. Данный сервис хорош для подбора снимков и дальнейшей их обработки в сторонних программах. В EO Browser есть возможность различных способов визуализации со стандартными комбинациями каналов, а также пользовательским набором. То же самое касается визуализации разностных индексов, стандартных и пользовательского. Есть возможность проведения быстрой классификации с выгрузкой полученных результатов. Но в дальнейшем предполагается обработка в сторонних программах. Нет возможности быстрого расчета интересующих площадей. В итоге для дальнейшего исследования был выбран Landsat Explorer.

### Полученные результаты

В ходе анализа снимков в Landsat Explorer проводились расчеты общей площади лесов ( $NDVI > 0,6$ ) и отдельно площади хвойных лесов ( $NDVI > 0,7$ ), а также площади, пройденной огнем, для которой индекс горимости Burning Index  $> 0$ . Благодаря возможности быстрого подсчета площади, были извлечены необходимые значения и проанализированы в Excel (рис. 3).



**Рис. 3. Сопоставление общей площади лесов ( $NDVI > 0,6$ ), площади хвойных лесов ( $NDVI > 0,7$ ), а также площади, пройденной огнем, для которой индекс горимости *Burning Index*  $> 0$**

Из приведенного графика очевидно, что на рассматриваемой территории наблюдались значительные пожары в 2002–2004 гг. (данные за 2003 г. отсутствуют) и в 2015–2016 гг.

Далее было проведено сопоставление полученных результатов с данными ИСДМ-Рослесхоз Авиалесоохраны (<https://aviales.ru/>) [6]. В Ольхонском лесничестве наибольшие лесные площади, пройденные огнем, наблюдались в 2003, 2011 и 2015 гг. В Landsat Explorer отсутствуют достоверные данные за 2011–2012 гг., поэтому данный пик горимости не получилось обнаружить. Но другие два пика отображаются в результатах анализа.

Кроме совпадения по пикам численных значений площадей, Landsat Explorer позволяет визуально определить места, подвергшиеся наибольшему поражению огнем. Так, в 2016 г. наибольшая гарь наблюдалась на территории прибрежной зоны Малого моря между Курмой и Замой, включая территорию Прибайкальского национального парка. Тушение данного лесного пожара осложнялось горным характером ландшафта и сильными ветрами. Кроме того, здесь наблюдается засушливый климат.

### **Выводы**

На рассматриваемой территории наблюдается высокая концентрация туристических баз. Присутствие людей вблизи леса в пожароопасный сезон значительно повышает вероятность возгораний. Ущерб от лесных пожаров бывает значительным. Кроме того, это наносит ущерб и самому туризму.

На основе космоснимков можно пронаблюдать восстановление территории после пожара. В настоящее время на снимках еще наблюдаются следы гари, но происходит естественное восстановление этих территория. На летних снимках ярко-зеленая область на местах очага пожара свидетельствует о зарастании, по крайней мере, травой, на зимних снимках зеленые области отмечают наличие и хвойных деревьев.

Использование Landsat Explorer позволяет проводить быструю предварительную оценку динамики изменения интересующих территорий даже неподготовленным пользователям. Проведенный анализ позволил оценить изменение площадей растительности на прибрежной территории Малого моря оз. Байкал, выявить наиболее критические периоды, связанные с резким уменьшением площадей лесов, что в дальнейшем было подтверждено данными о площадях лесных пожаров в Ольхонском районе. В целом на рассматриваемой территории не наблюдается критического уменьшения площади лесов за три десятилетия наблюдений.

### **Список использованной литературы**

1. Русецкая Г.Д. Экологически устойчивое и социально-экономически ответственное природопользование в системе острова Ольхон / Г.Д. Русецкая, Д.Ю. Быкова // Известия Байкальского государственного университета. – 2020. – Т. 30, № 1. – С. 7–13. – DOI 10.17150/2500-2759.2020.30(1).7-13.
2. Яковлева Е.А. Государственный экологический контроль в области охраны Байкальской природной территории / Е.А. Яковлева // Известия Иркутской государственной экономической академии (БГУЭП). – 2010. – № 5. – С. 175–178.
3. Цвигун И.В. Проблемы и перспективы развития экологического туризма в России / И.В. Цвигун, А.Ю. Васильев // Известия Иркутской государственной экономической академии (Байкальский государственный университет экономики и права). – 2013. – № 6.
4. Landsat Explorer. – URL: <https://livingatlas2.arcgis.com/landsatexplorer>.
5. EO Browser. – URL: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser>.
6. ИСДМ-Послесхоз. – URL: <https://aviales.ru>.

### **Информация об авторе**

*Болданова Елена Владимировна* – кандидат экономических наук, доцент, кафедра отраслевой экономики и управления природными ресурсами, Байкальский государственный университет, г. Иркутск, Российская Федерация, e-mail: BoldanovaEV@bgu.ru.

### **Author**

*Elena V. Boldanova* – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Industrial Economics and Natural Resources Management, Baikal State University, Irkutsk, the Russian Federation, e-mail: BoldanovaEV@bgu.ru.