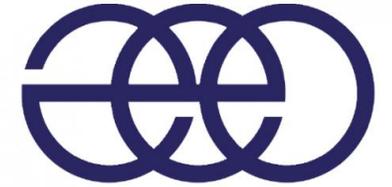




ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ
Российской академии наук



МЕТОДИКА ДЕШИФРИРОВАНИЯ АРХИВНЫХ И СОВРЕМЕННЫХ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИНАМИКИ СКЛОНОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ДОЛИНЕ Р. ГЕЙЗЕРНАЯ (КАМЧАТКА)

Е.А. Балдина, Е.В. Лебедева, А.А. Медведев



Адыгейский государственный университет
22–23 октября, 2022
г. Майкоп



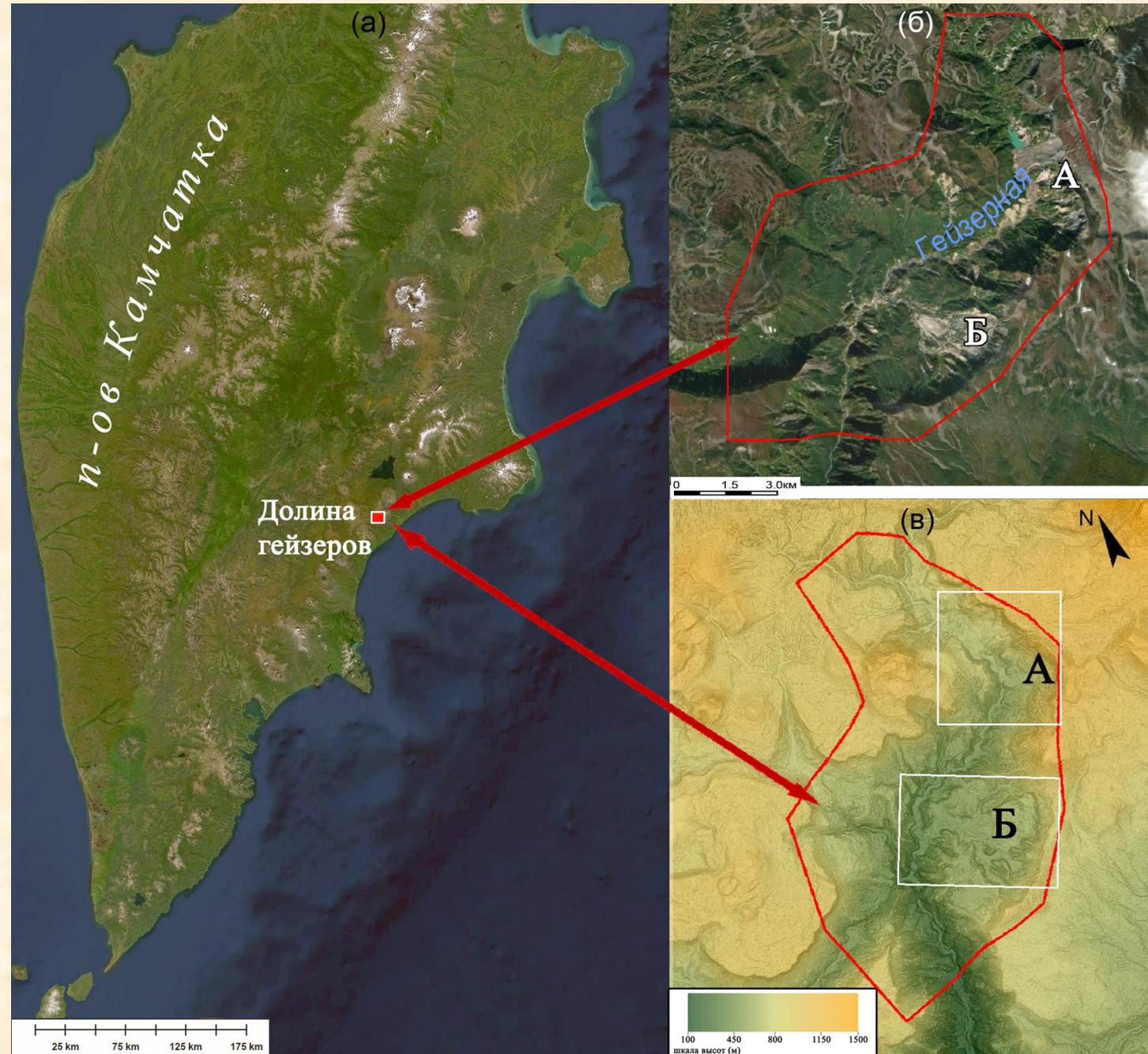
Российский
научный
фонд

Проект № 21-17-00216

Объект исследования

ДОЛИНА Р. ГЕЙЗЕРНАЯ

Долина р. Гейзерной известна своими многочисленными проявлениями газогидротермальной деятельности – это и знаменитые гейзеры, и термальные источники, и парогазовые выходы. Все они оказывают значительное влияние на геоморфологические процессы в долине, т.к. прогревают и увлажняют горные породы, изменяют их физические свойства, провоцируя активные склоновые процессы.



Постановка задачи исследования

Газогидротермальная активность провоцирует склоновые процессы: на бортах долины периодически формируются мощные обвалы и оползни, которые перегораживают русло реки и провоцируют сходы катастрофических селей.



Фронтальный снимок стенки срыва оползня-обвала 2014г. с выходами лав:

1 – участок сохранившегося фрагмента трещины отседания, по которой произошло смещение. **2** – участки гидротермально измененных пород, **3** – выходы термальных вод, стрелки указывают на парогазовые выходы.



Активные склоновые процессы на левом борту в среднем течении р. Гейзерной



Постановка задачи исследования

После схода в июне 2007 г. гигантского оползня на левом борту р. Гейзерной и связанного с ним мощного селевого потока, долина Гейзеров была всесторонне изучена специалистами.

В результате обвала сформировался подковообразный амфитеатр обрушения с почти вертикальной стенкой высотой около 150 м и протяженностью до 800 м.



В днище долины образовалась плотина, сложенная материалом обвала, возникло подпрудное озеро.

Постановка задачи исследования

В январе 2014 г. в долине произошел еще один оползень-обвал, также приведший к формированию мощного селя, возникновению подпрудного озера и оказавший влияние на нижерасположенные участки.



Обвал и плотина 2014 г.



Цель работы - анализ пространственного и временного распределения участков активизации современных склоновых процессов в бассейне р. Гейзерной по материалам дешифрирования разновременных снимков за максимально возможный временной интервал.

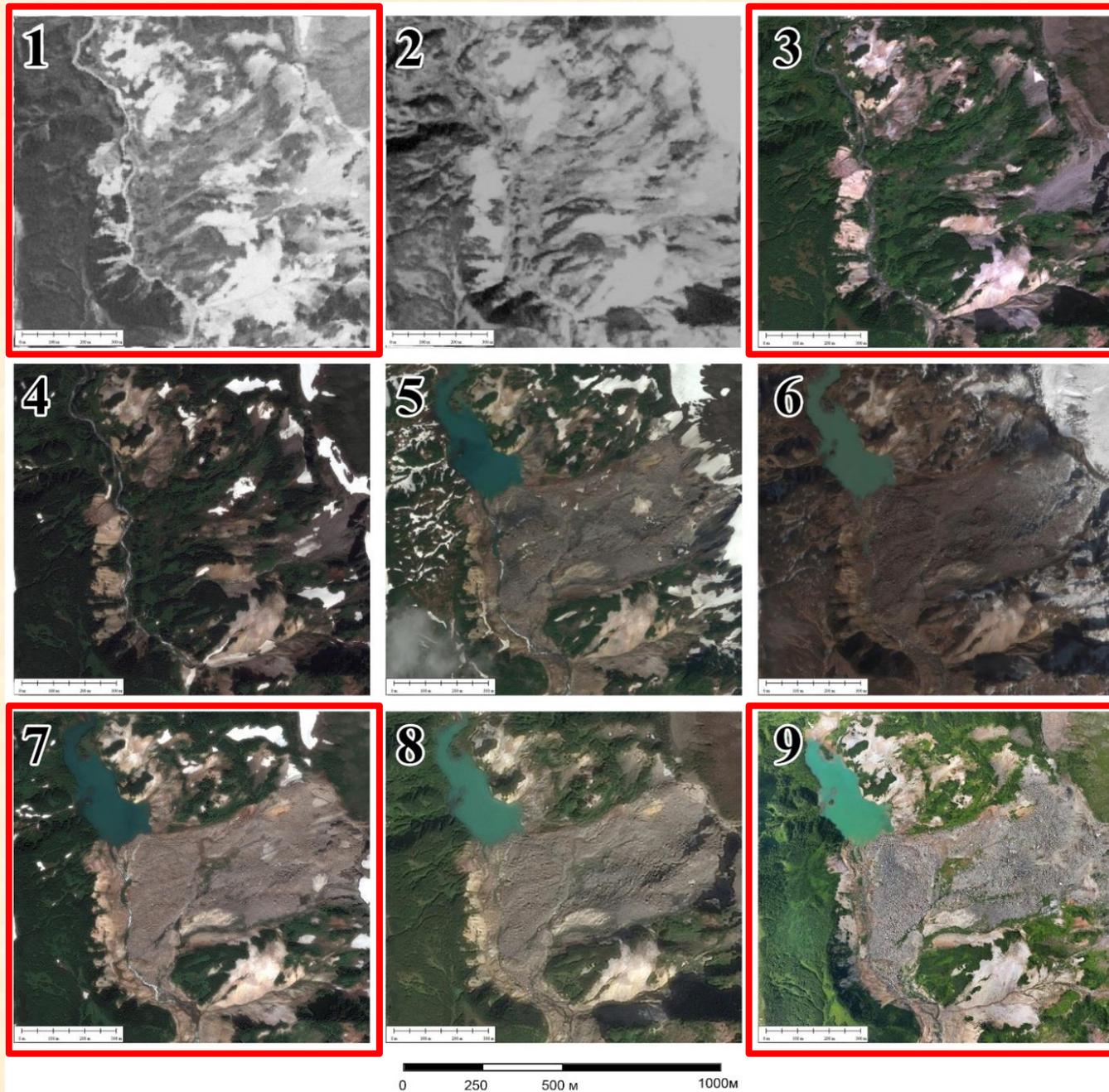
Важно понять причины распределения мест интенсивной трансформации рельефа.

Исследование позволит разработать дополнительные рекомендации по организации безопасного туризма на территории данного участка Кроноцкого заповедника.

Материалы и методы исследования

Космические снимки высокого пространственного разрешения (0,5-3 м), полученные со спутников Key-Hole-4 (1964 г.), GeoEye (2009 г.), Pleiades -1A/1B (2013, 2016 гг.), World-View-2 (2017 г.). Полевые обследования местности и съемка с БПЛА в 2021 г., литературные и фондовые материалы

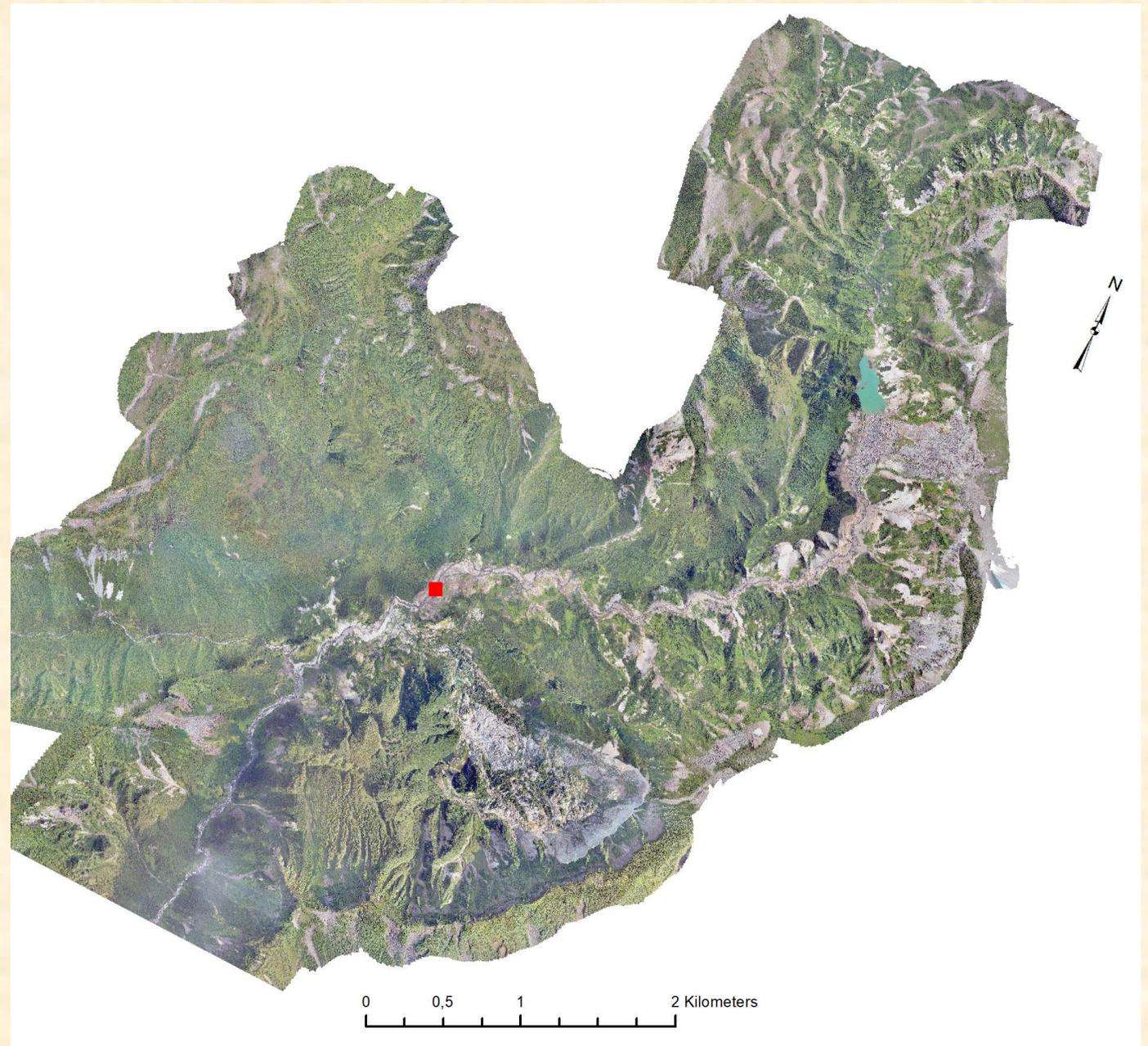
(1) Key-Hole-4, 1964 г.; (2) - Key-Hole-4, 1967 г.; (3) - GeoEye-1, 06.09.2009; (4) - Pleiades, 06.08.2013; (5) - Pleiades, 29.09.2016; (6) – WorldView2, 20.06.2016; (7) - Pleiades, 04.08.2017; (8) – Spot 6, 17.09.2017; (9) – Съемка с БПЛА, 10.08.2021.



Материалы и методы исследования

Большое значение для проведения дешифрирования имел также материал, собранный при полевых исследованиях, включавших аэровизуальные наблюдения и съемку с БПЛА DJI Phantom 4.

Ортофотоплан (с разрешением 20 см/пиксел), составленный на тот же участок, а особенно его детальные фрагменты, дают прекрасное представление о характере современного рельефа и особенностях протекающих процессов.



Материалы и методы исследования

Большое значение для проведения дешифрирования имел также материал, собранный при полевых исследованиях, включавших аэровизуальные наблюдения и съемку с БПЛА DJI Phantom 4.

Ортофотоплан (с разрешением 20 см/пиксел), составленный на тот же участок, а особенно его детальные фрагменты, дают прекрасное представление о характере современного рельефа и особенностях протекающих процессов.



Снимок Key-Hole-4 (Corona), 1964

Материалы и методы исследования

Привязка к принятой системе координат (WGS-84 в проекции UTM) и коррекция геометрии изображения снимка Key-Hole-4 (Corona) 1964 г.

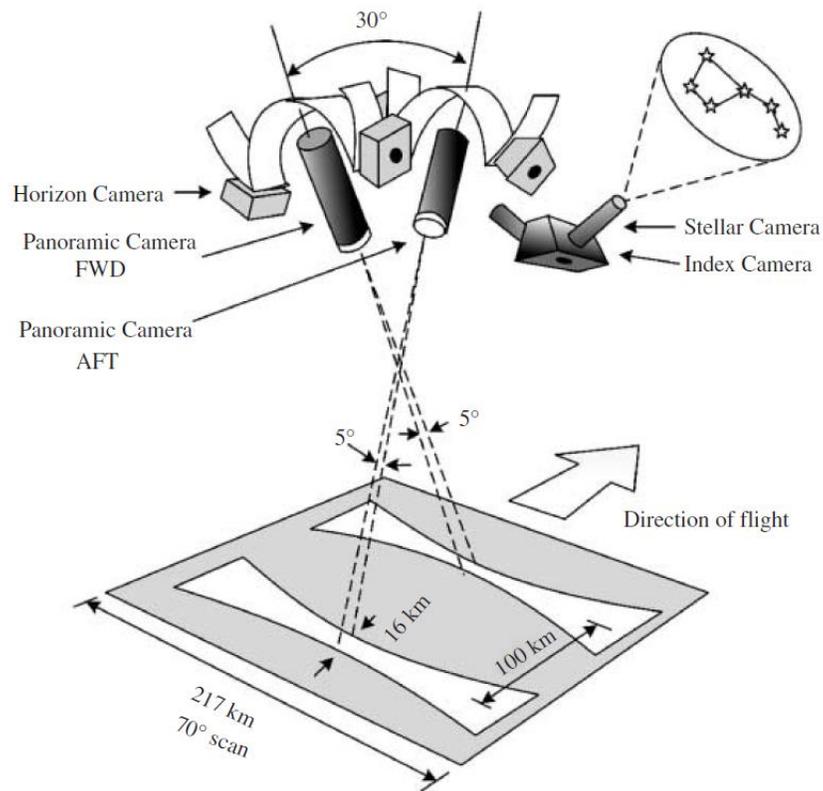
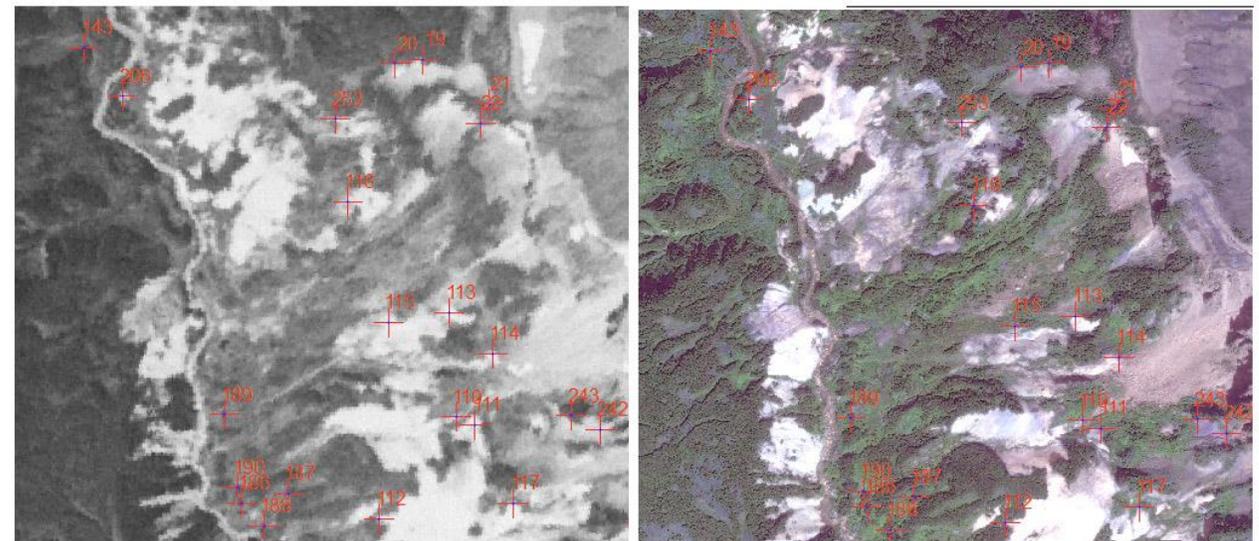
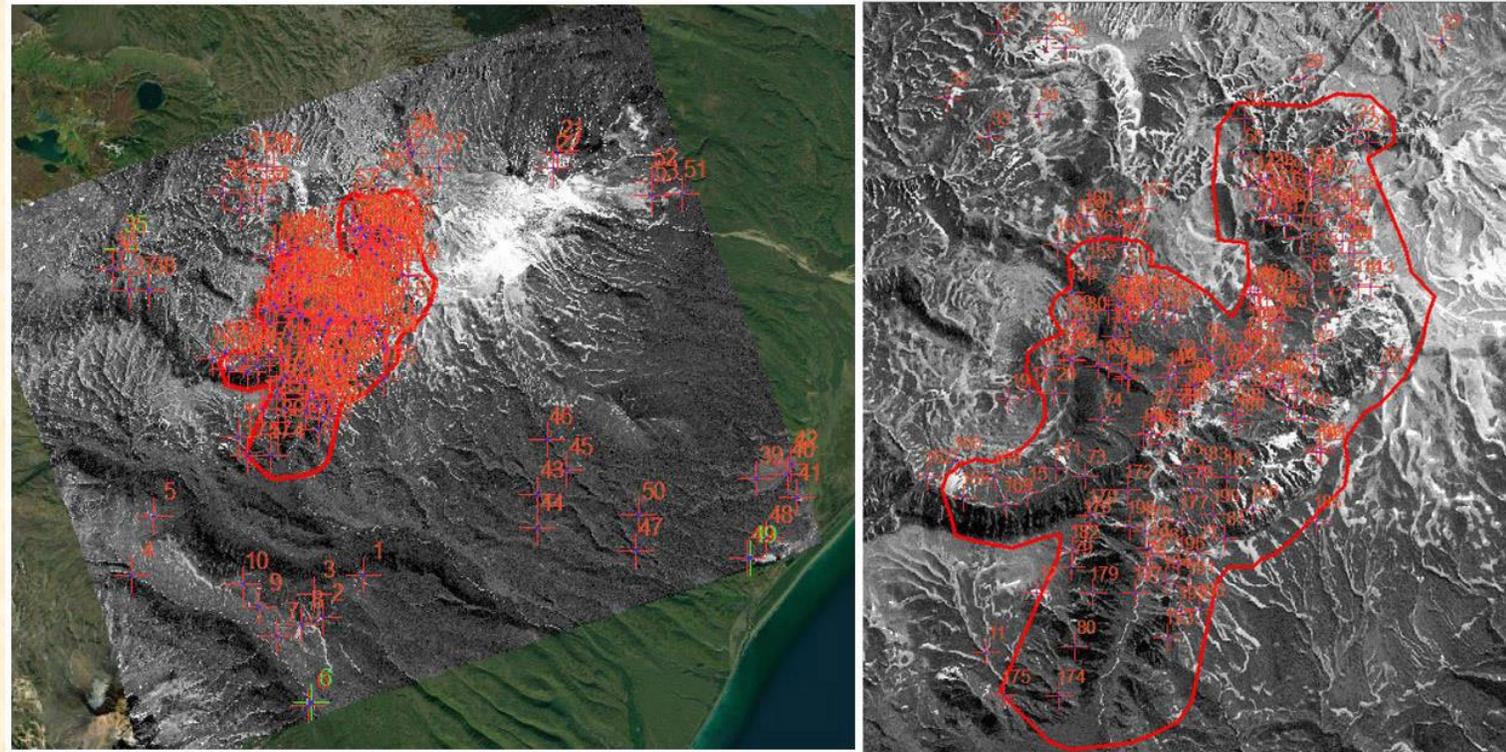


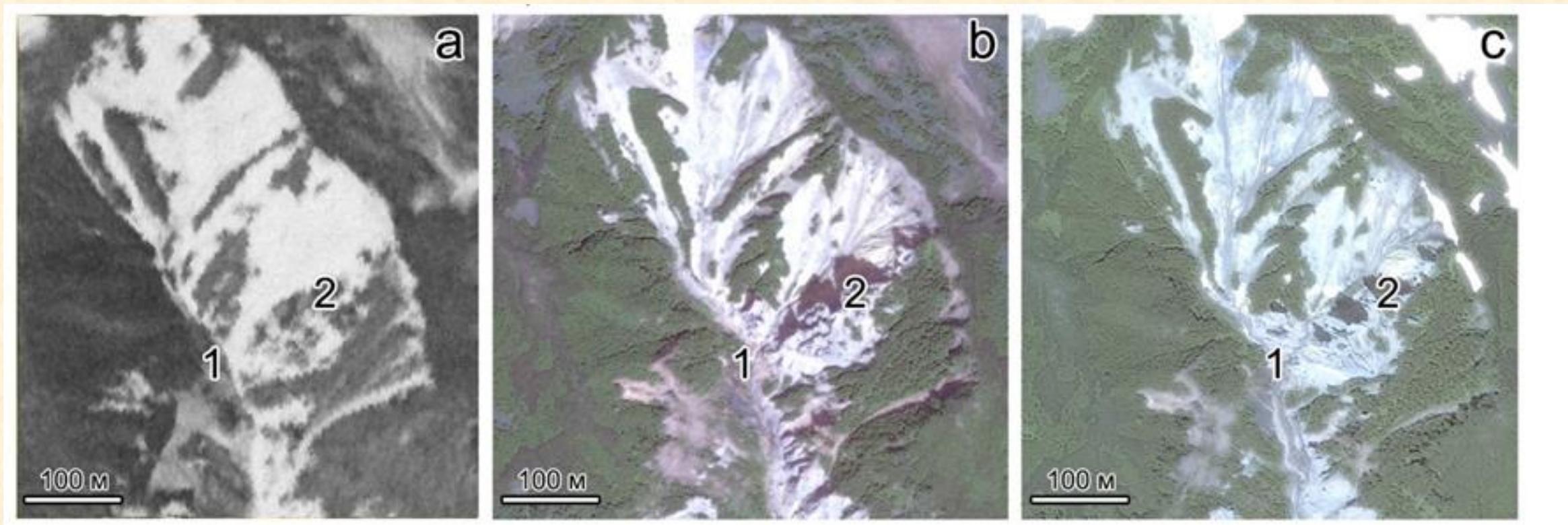
FIG. 1. Imaging geometry of the CORONA KH-4B camera (NRO, 2002).

Среднеквадратическая ошибка привязки 4.5 м, размер пиксела для трансформированного фрагмента составил 3.1x2.9 м.



Материалы и методы исследования

Дешифрирование объектов в долине проводилось на основании предположения, подтвержденного полевыми наблюдениями, что участки наиболее активного проявления склоновых процессов лишены растительного покрова.

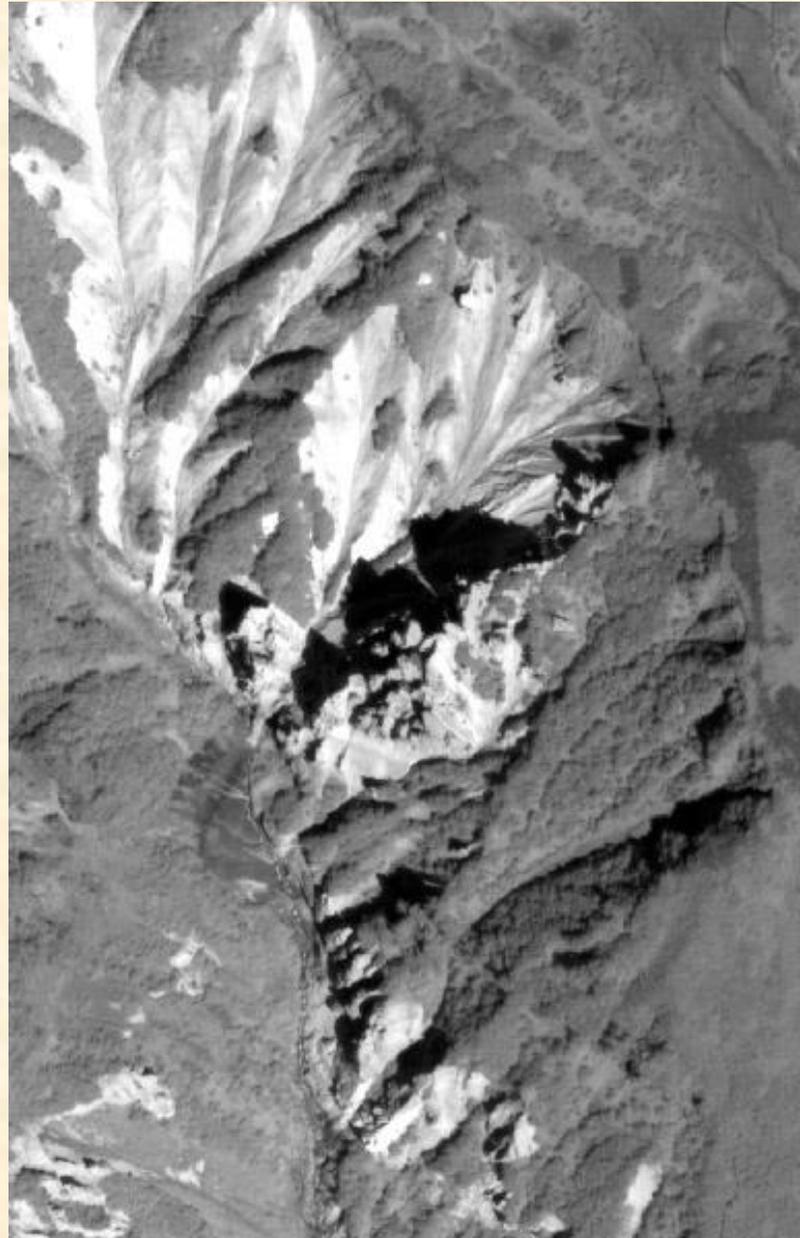


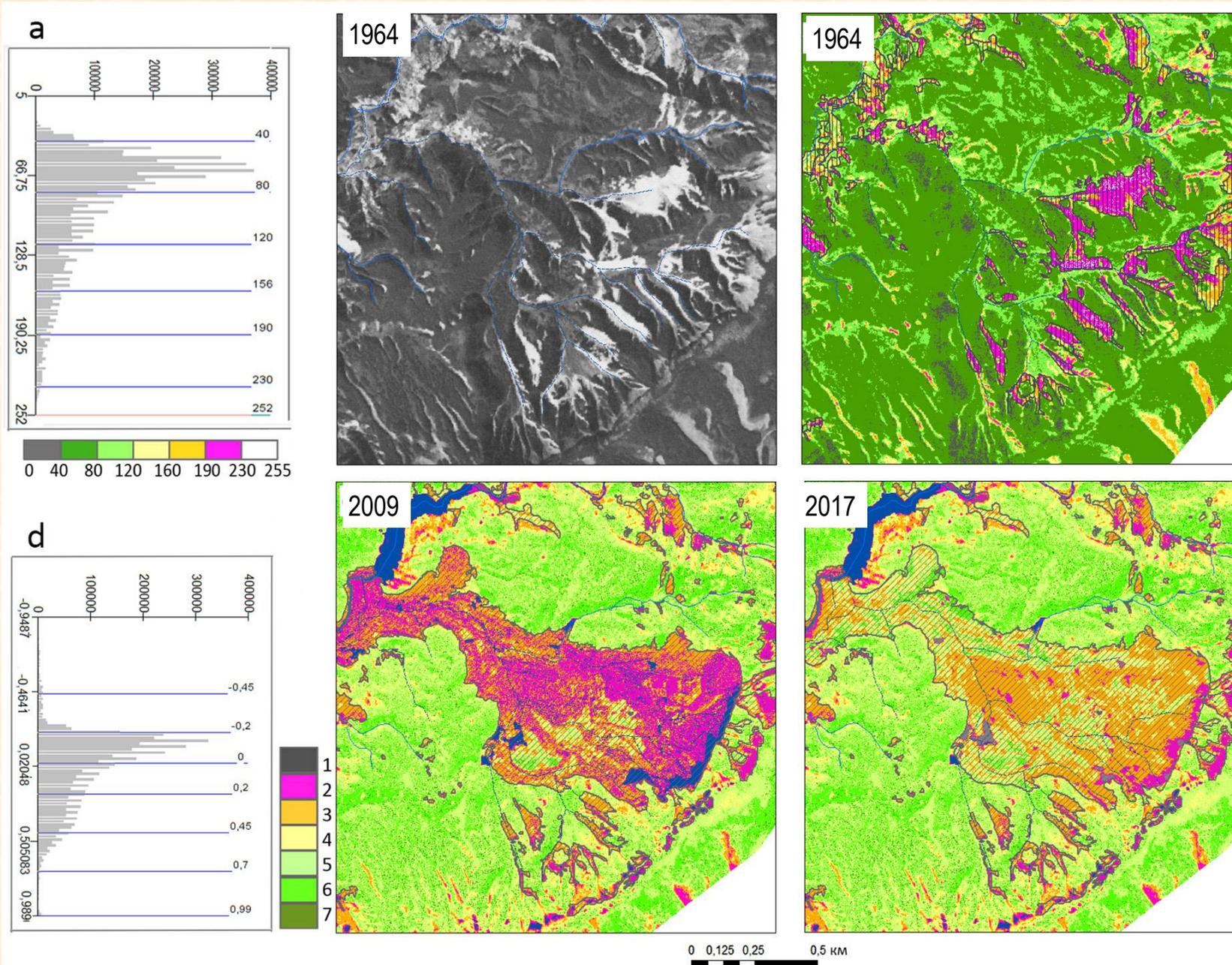
1964

2009

2017

В долине р. Гейзерной распространены породы, различающиеся по цвету: например, светлые озерные туфы и темные лавы. Яркость обнаженных участков зависит также и от освещенности склонов, которая определяется высотой солнца, крутизной и экспозицией. Осложнения создают падающие тени и неосвещенные участки крутых склонов, которые изображаются темным тоном независимо от наличия растительного покрова.



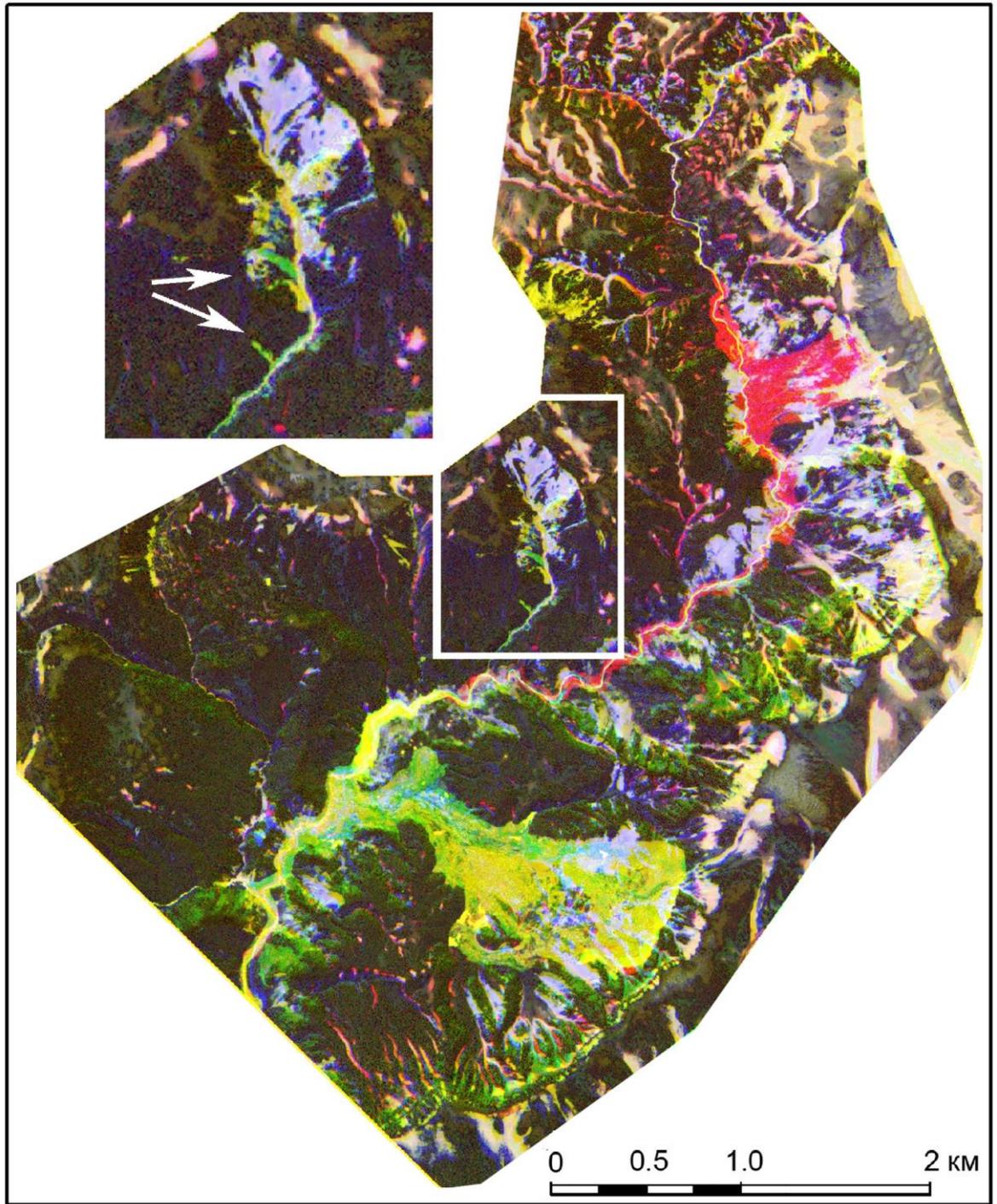


Для повышения достоверности выделения участков без растительности были применены простейшие методы цифровой обработки снимков. Для панхроматического снимка 1964 г.— квантование яркостей, для многозональных снимков 2009 и 2017 гг. — расчет вегетационного индекса NDVI.

Материалы и методы исследования

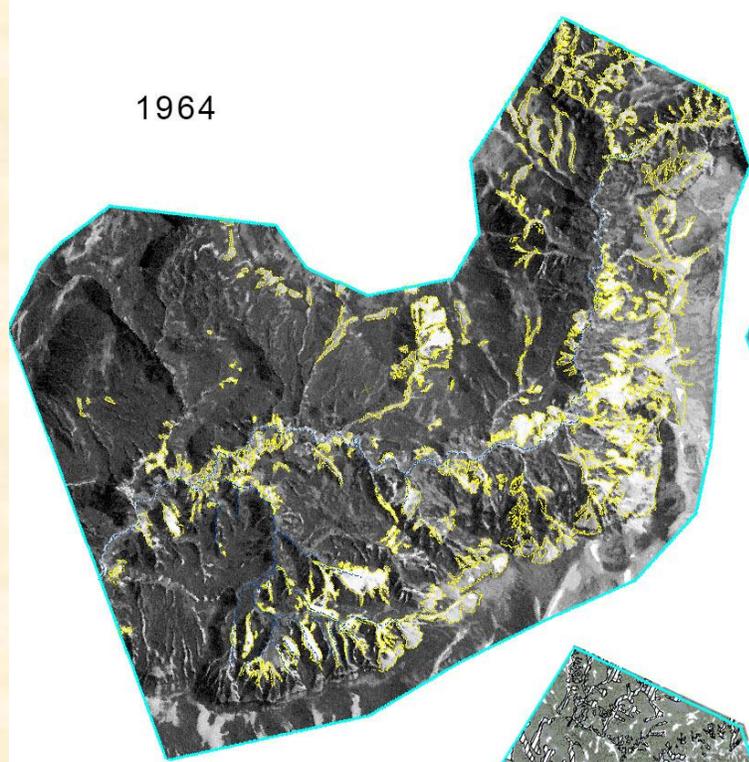
Для быстрого предварительного выявления произошедших изменений эффективен метод *многовременного синтеза*, при котором из полностью согласованных разновременных снимков формируется цветное изображение по принципу R (красный) – наиболее поздний снимок (2017), G (зеленый) – промежуточный срок (2009) и B (голубой) – наиболее ранний (1964).

Наиболее темный цвет соответствует участкам неизменно покрытым растительным растительностью, разные цвета – обнажения, появившиеся в один из трех анализируемых сроков

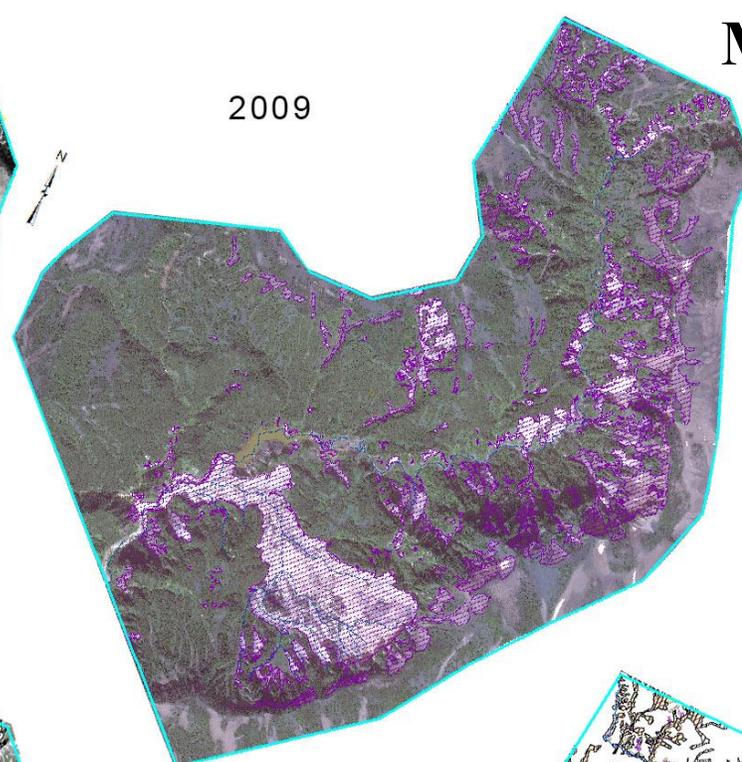


Материалы и методы исследования

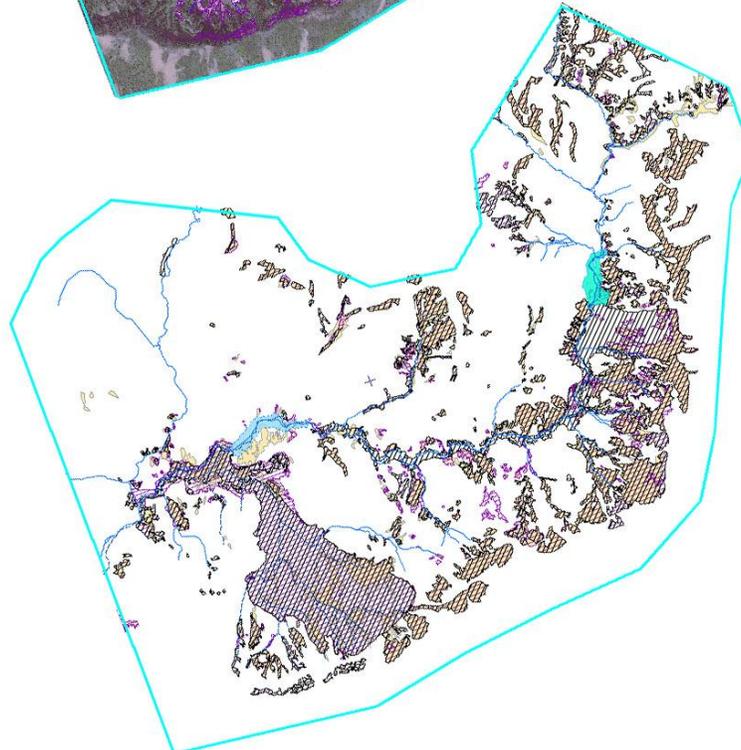
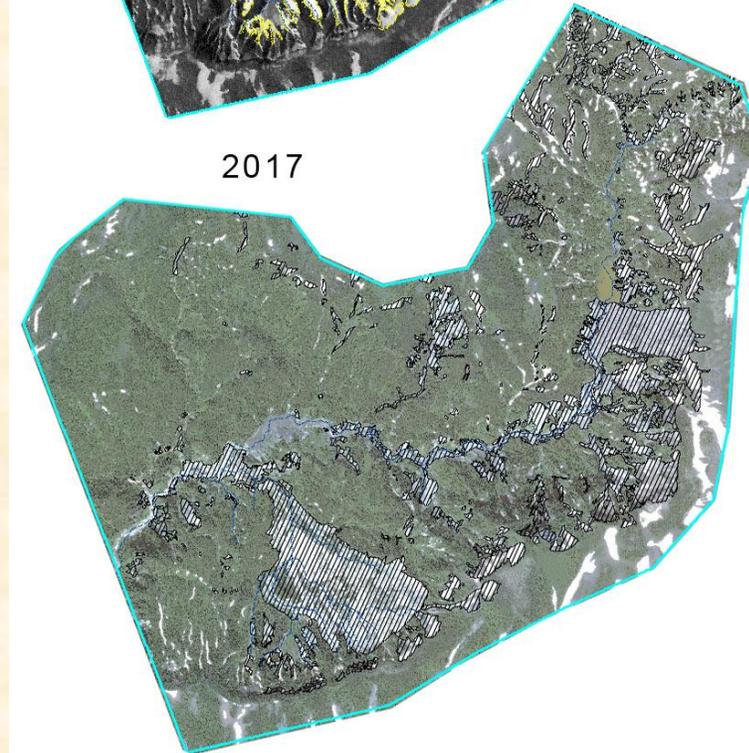
1964



2009



2017



Выделение границ участков обнажений, лишенных растительного покрова (без их классификации) выполнялось отдельно по снимку каждого временного среза с опорой на дополнительные картографические источники и все доступные космические снимки и ортофотоплан. Результатами проведенного дешифрирования явились контуры участков обнажений на каждый из трех временных срезов, а также зоны их пересечения

Результаты исследования и их обсуждение

Составленная в результате итоговая схема дешифрирования площадей развития современных склоновых процессов позволяет показать как неизменность состояния отдельных участков во все три срока, так и различия в их состоянии в два или в один срок. Она позволяет судить о динамике современных склоновых процессов с 1964 года по настоящее время.

Участки активизации склоновых процессов (лишенные растительности) на временные срезы:

1 - 1964г., 2 – 2009 г.; 3 - 2017 г.; 4 - 1964 и 2009 гг.,

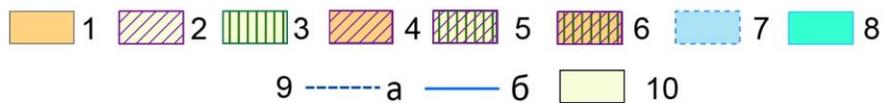
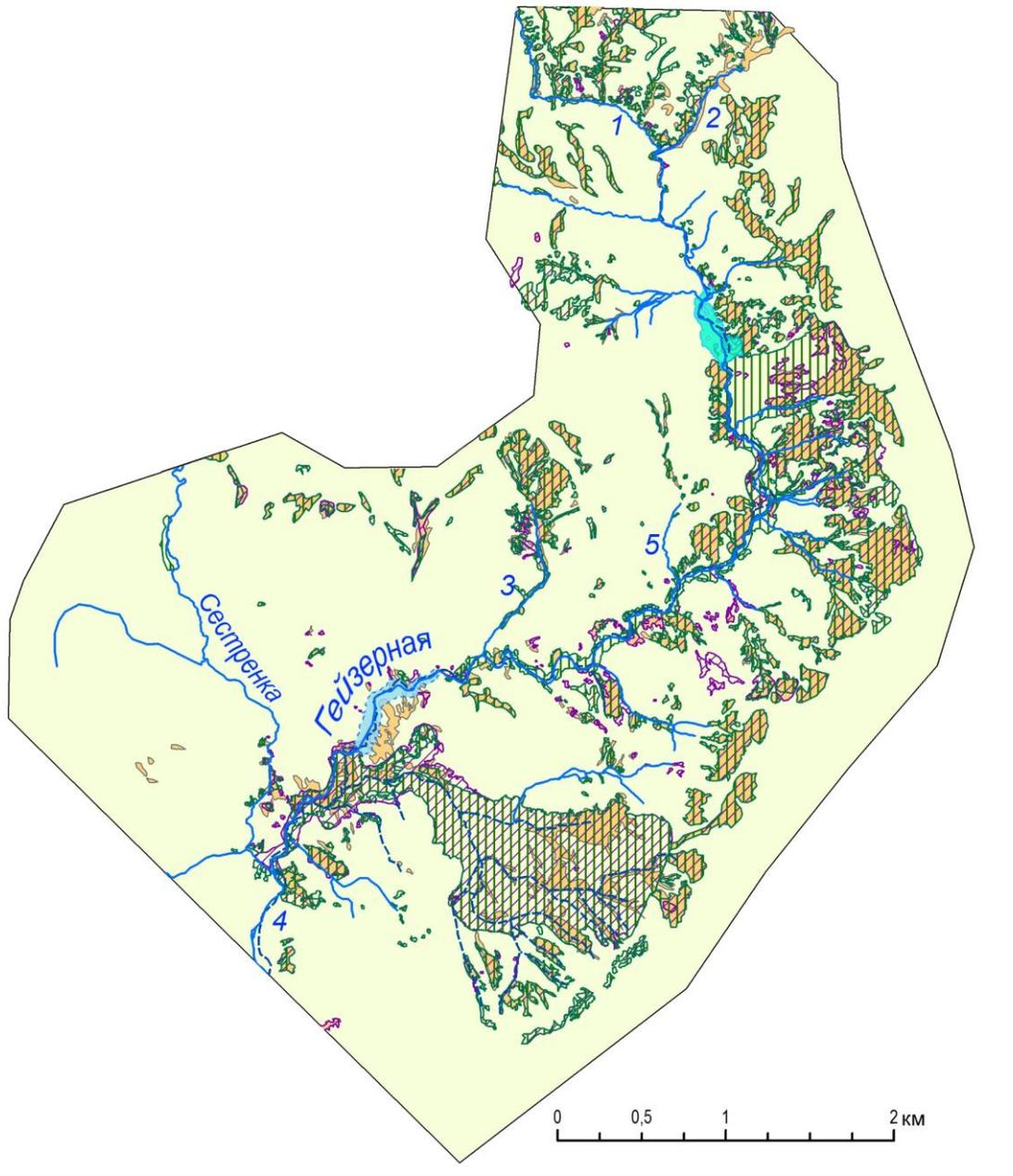
5 - 2009 и 2017гг.; 6 – 1964, 2009 и 2017гг.;

подпрудные водоемы: 7 – 2009 г., 8 – 2017 г.;

9 - водотоки: а - 1964 г. , б - 2009 г.;

10 - участки, покрытые растительностью во все три

срока. Цифрами обозначены водотоки: 1 – Правая Гейзерная, 2 – Левая Гейзерная, 3 – руч. Лавовый, 4 – Шумная, 5 Игрушка



Результаты исследования и их обсуждение

Общая площадь изученной территории составляет 27.37 км², к 2017 г. суммарная площадь обнажений – 3.7 км² (без учета углов наклона), т.е. около 13.5% всей площади.

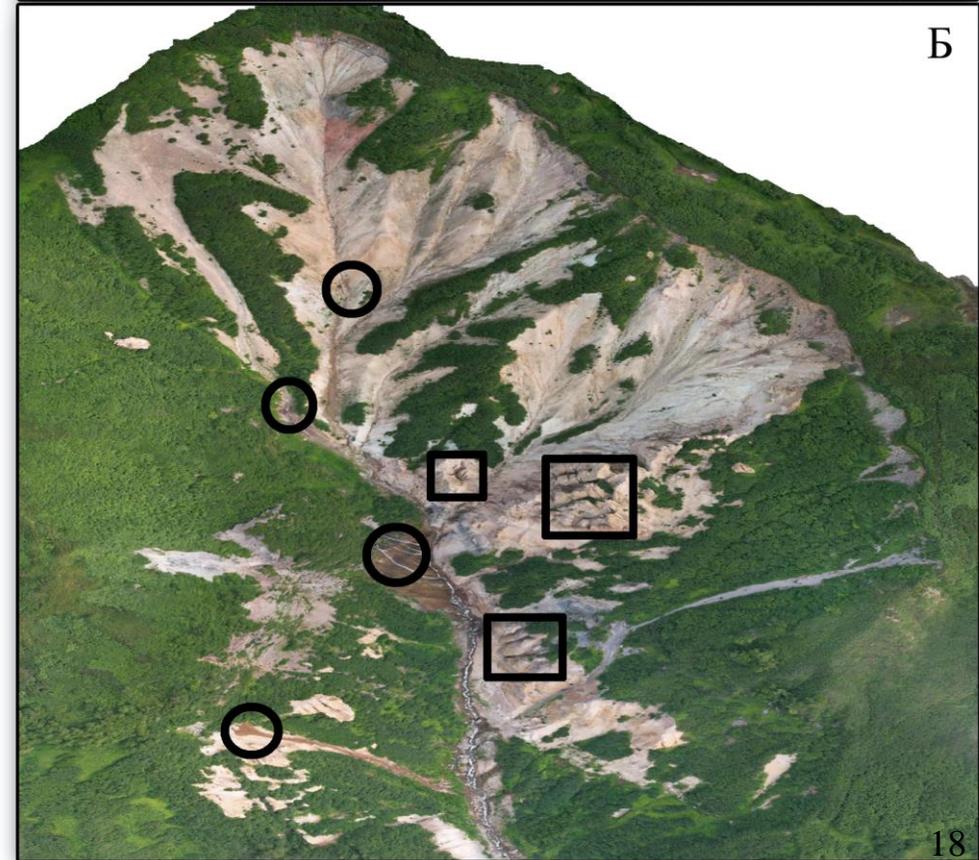
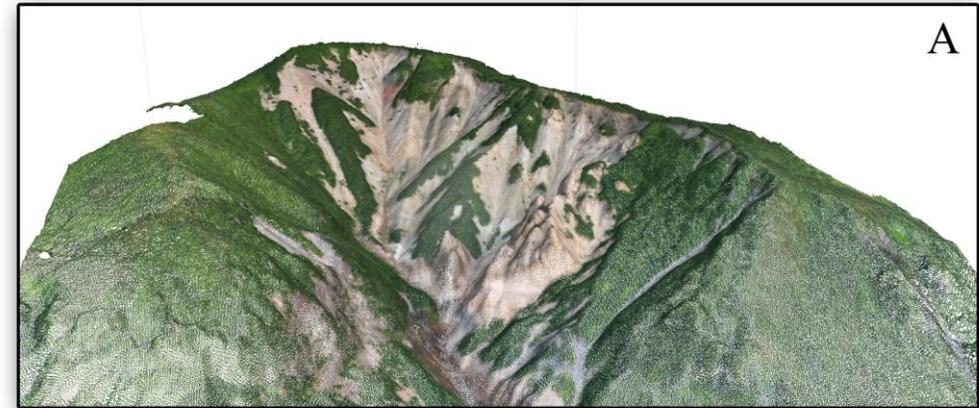
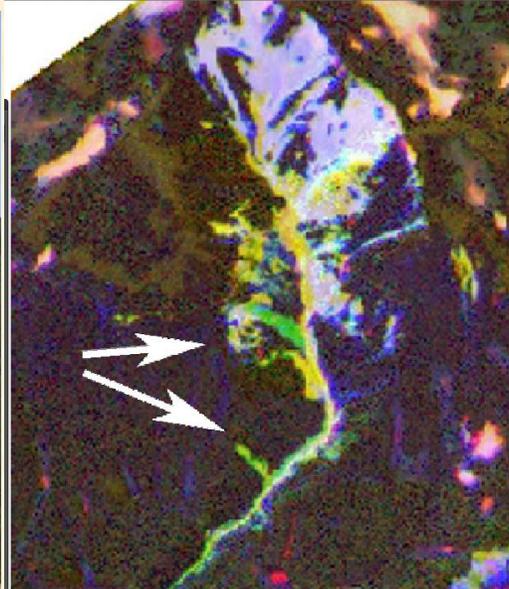
Более 75% всех современных обнажений находится на левом склоне долины реки Гейзерной. На правый склон приходится менее 25% площади всех современных обнажений (или 3.3% от общей площади долины).



Панорама левого борта долины р. Гейзерной (фото с БПЛА, 2021г.) в ее среднем течении с многочисленными обнажениями – участками смещения материала на склонах, наиболее масштабный из которых – оползень-обвал 2014г. (в центре)

Результаты исследования и их обсуждение

Наибольшая обнаженность склонов на правобережье реки наблюдается в верховьях ручья Лавового – правого притока р. Гейзерной



Съемка с БПЛА: А - трехмерное облако точек; Б – ортофотоплан (2021 г.). Кружки – участки выхода холодных вод, квадратики – эрозионно-денудационные останцы.

ВЫВОДЫ

- Сравнение современной ситуации, определяемой по снимкам высокого пространственного разрешения, с архивным, имеющим значительно худшее качество как по геометрическим, так и по яркостным характеристикам, позволяет в некотором приближении охарактеризовать динамику развития активных склоновых процессов на протяжении последних 56 лет.
- Относительно невысокая точность определения площадей и очертаний контуров по снимкам 1964 и 1967 гг. влияет и на точность определения площадей изменившихся участков. Однако для масштабных событий, таких как оползень 2007 г. и оползень-обвал 2014 г. года такую точность можно считать приемлемой.
- Современные склоновые процессы доминируют на левобережье р. Гейзерной, что, по-видимому, обусловлено приуроченностью этого борта долины к ограничивающему кальдеру кольцевому разлому, сохраняющему свою активность, а также к наличию там участка современного поднятия территории.
- Среди современных процессов на правобережье реки преобладают оползни-сплывы и эрозия в местах выхода грунтовых вод. На правобережье приходится менее 25% площади всех обнажений.