

Институт Геоэкологии им. Е. М. Сергеева Российской Академии Наук

**Динамические параметры изменений
оползневых очагов в криолитозоне по
материалам дистанционных съемок (на
примере о. Банкс)**

Орлов Т.В., Архипова М.В., Бондарь В. В.

Москва, 2022

Исследования, посвященные изучению оползневых процессов в криолитозоне, показывают, что практически во всех областях, где проводится мониторинг, фиксируется их значительная активизация. Однако, не смотря на активное изучение оползней арктической зоны, измерению конкретных параметров развития оползней уделяется не достаточно внимания



Цель исследования: анализ активизации оползневых очагов в пределах острова Бэнкс (Канада) и оценка динамических параметров активизации на основе материалов космической съемки

Ключевой участок: юго-восточная часть острова Банкс в долине реки Нельсон

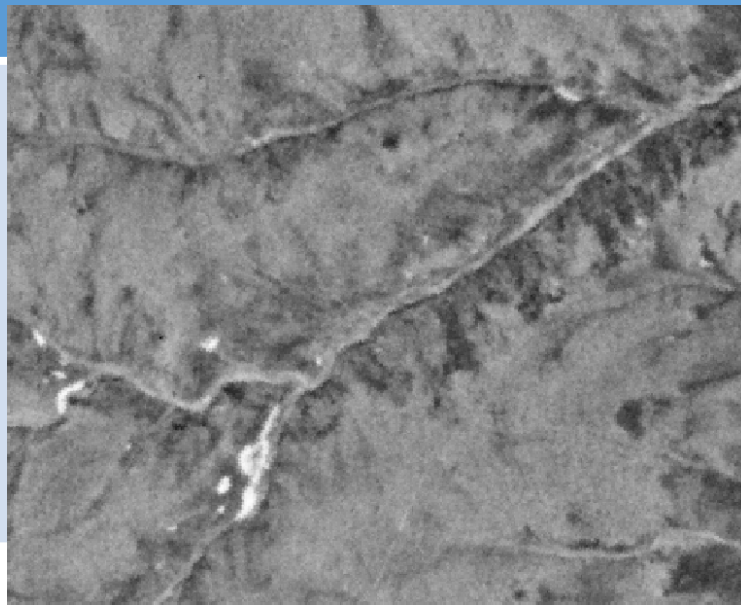


О. Банкс расположен в зоне сплошной вечной мерзлоты, в зонах полярной и прибрежной арктической тундры, среднегодовая $t -12,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, годовое количество осадков 150 мм

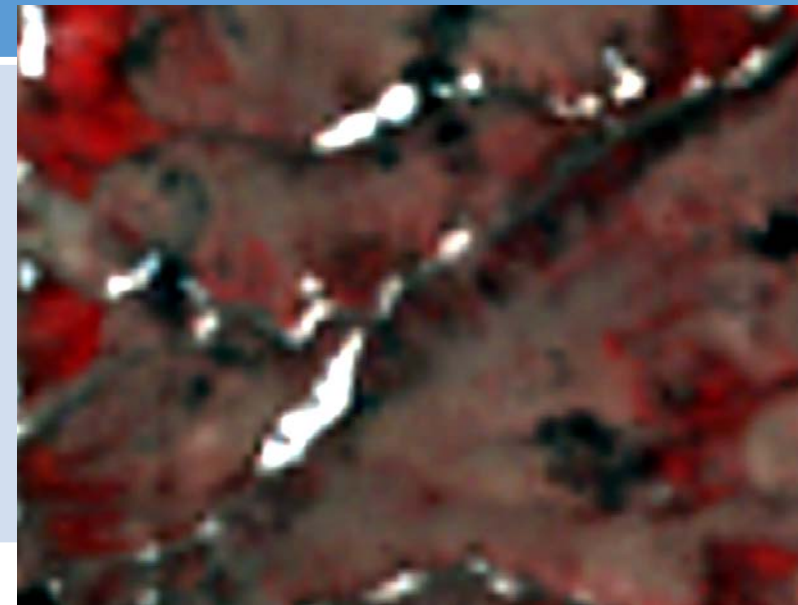
Ключевой участок представляет собой относительно однородную по ландшафтным и геологическим признакам территорию – вдоль правого высокого (до 500 м) борта речной долины, с крутизной склонов $2-11^{\circ}$.

Материалы

Corona 1976 г., 12 м/пикс



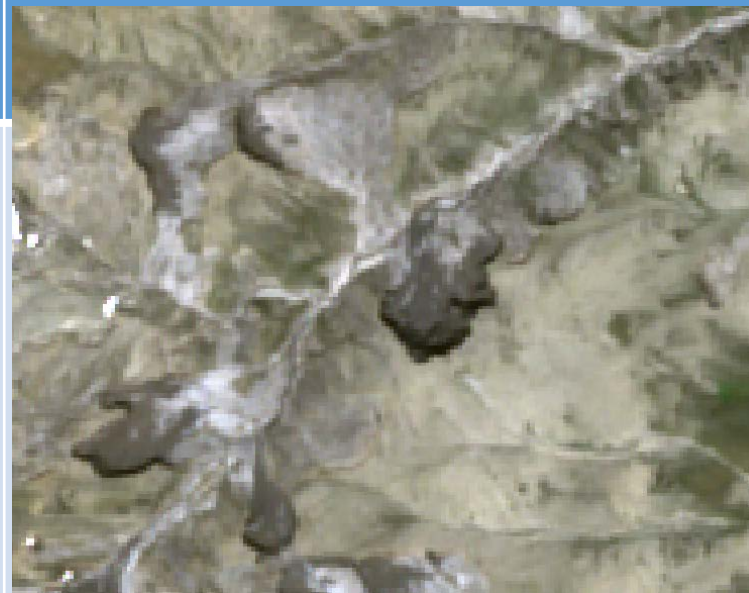
Landsat-5 TM, 1988-1999 гг., 30 м/пикс



Landsat 7, Landsat 8, 1999-2013
2013-2015, 15 м/пикс



Sentinel-2, 2015-2019 гг., 10
м/пикс



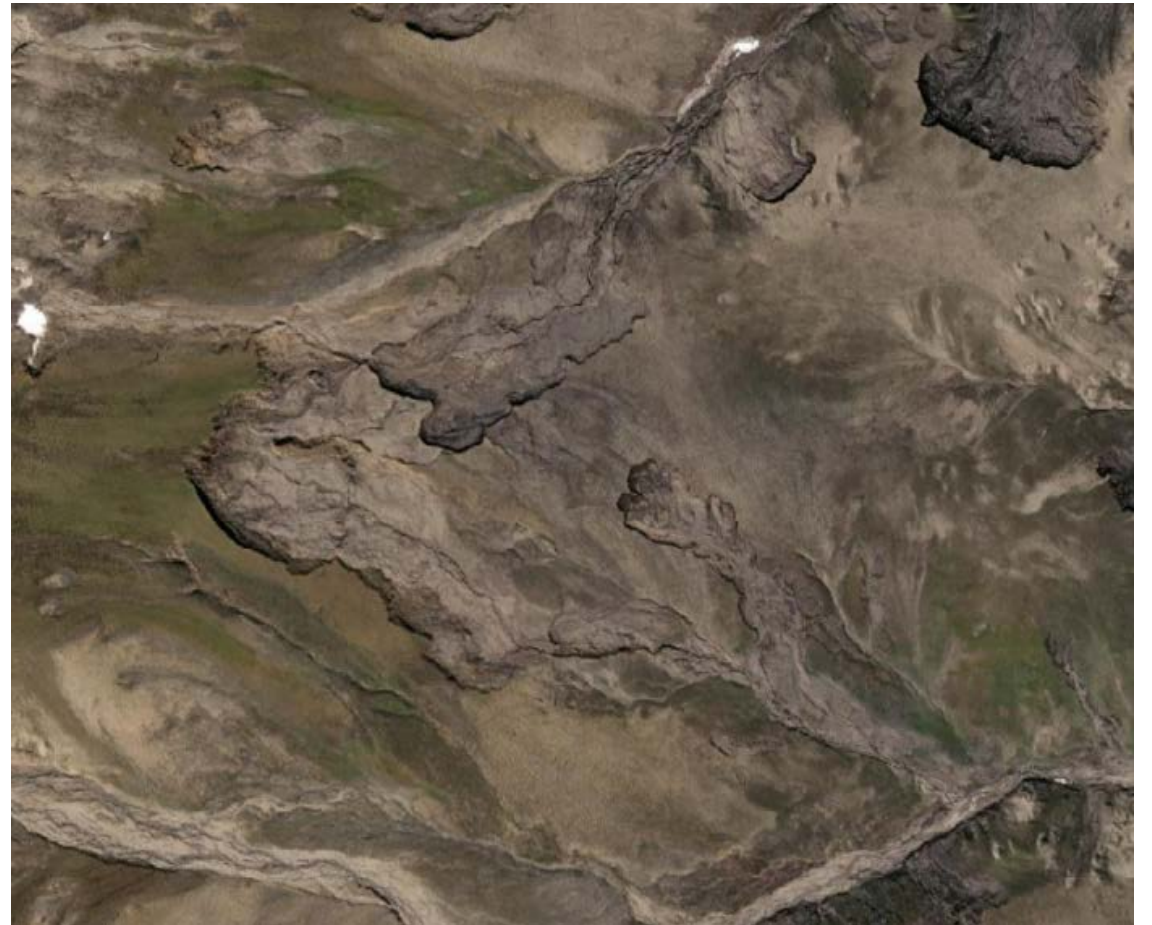
World-View-2, 2019,
0.5 м/пикс



Пример оползней на снимке WorldView-2



Тип R

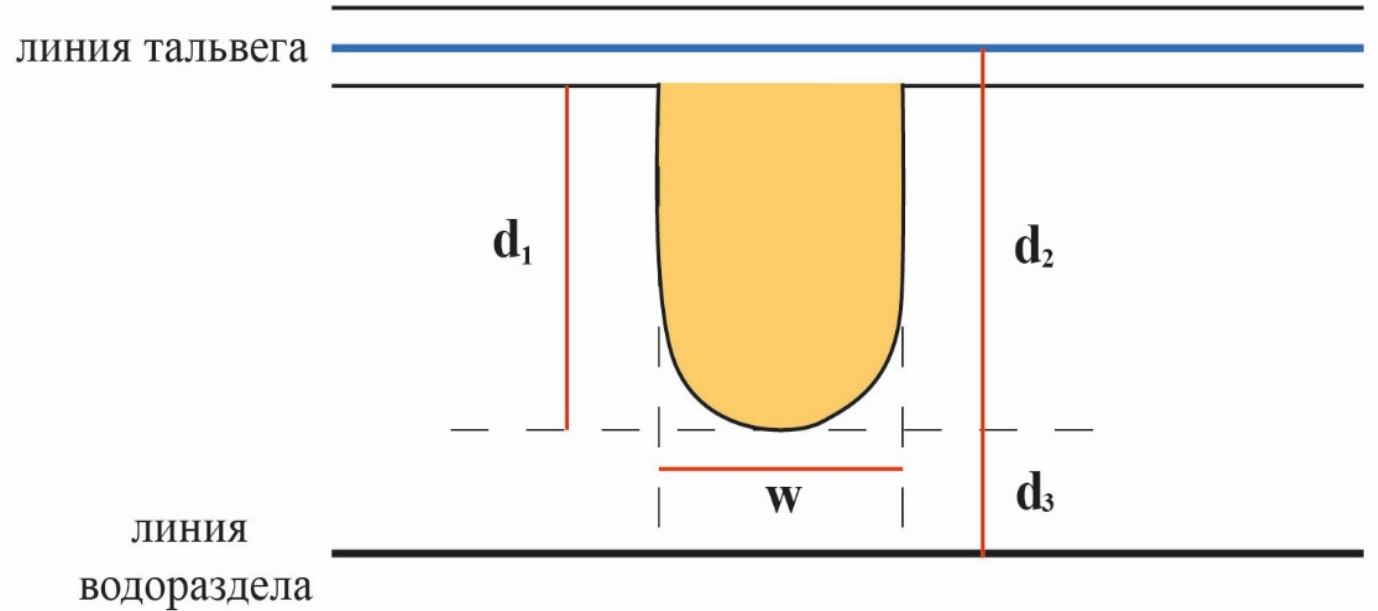


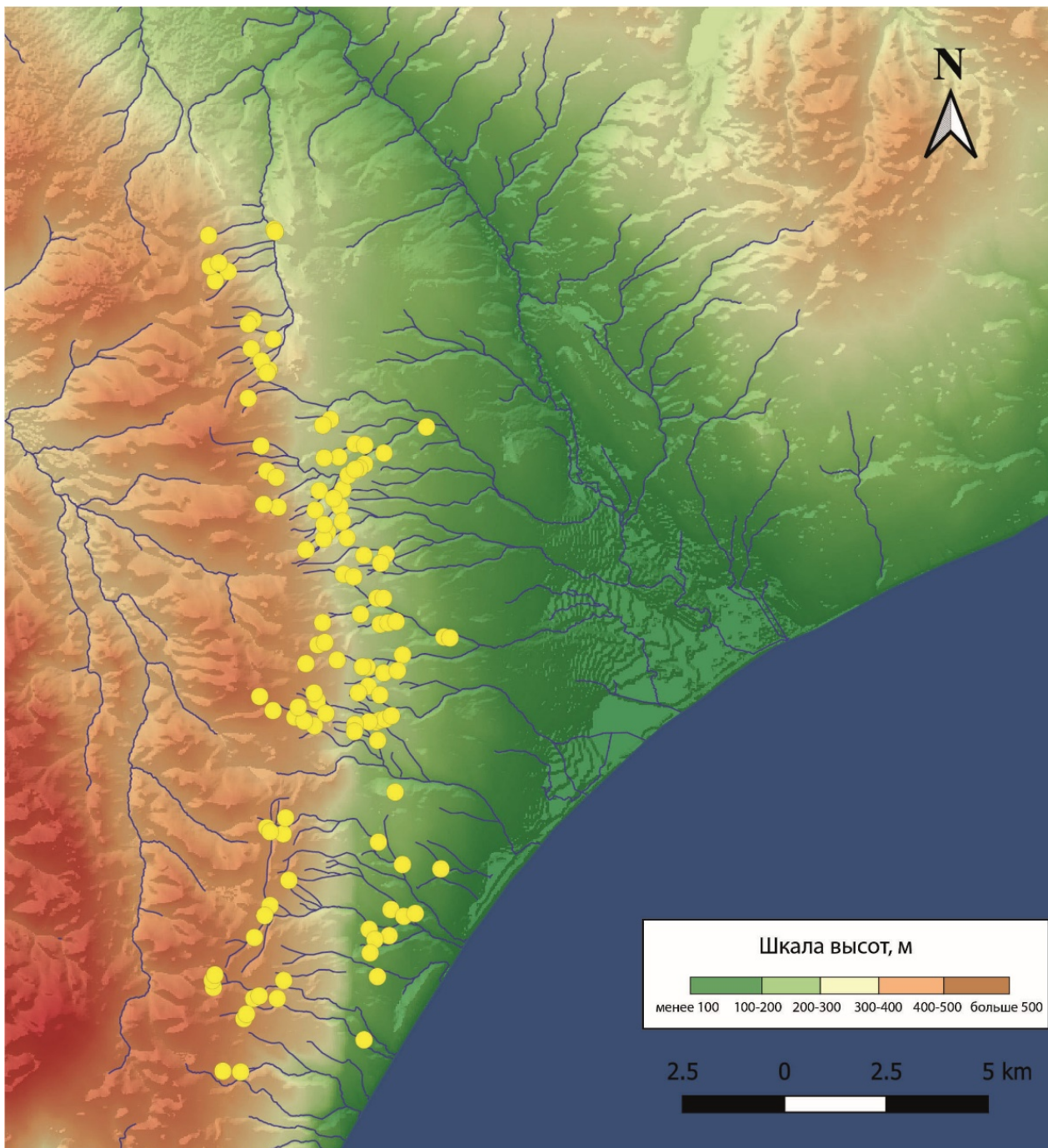
Тип S

Методика

Измерения основных параметров каждого оползня на каждый год временного ряда:

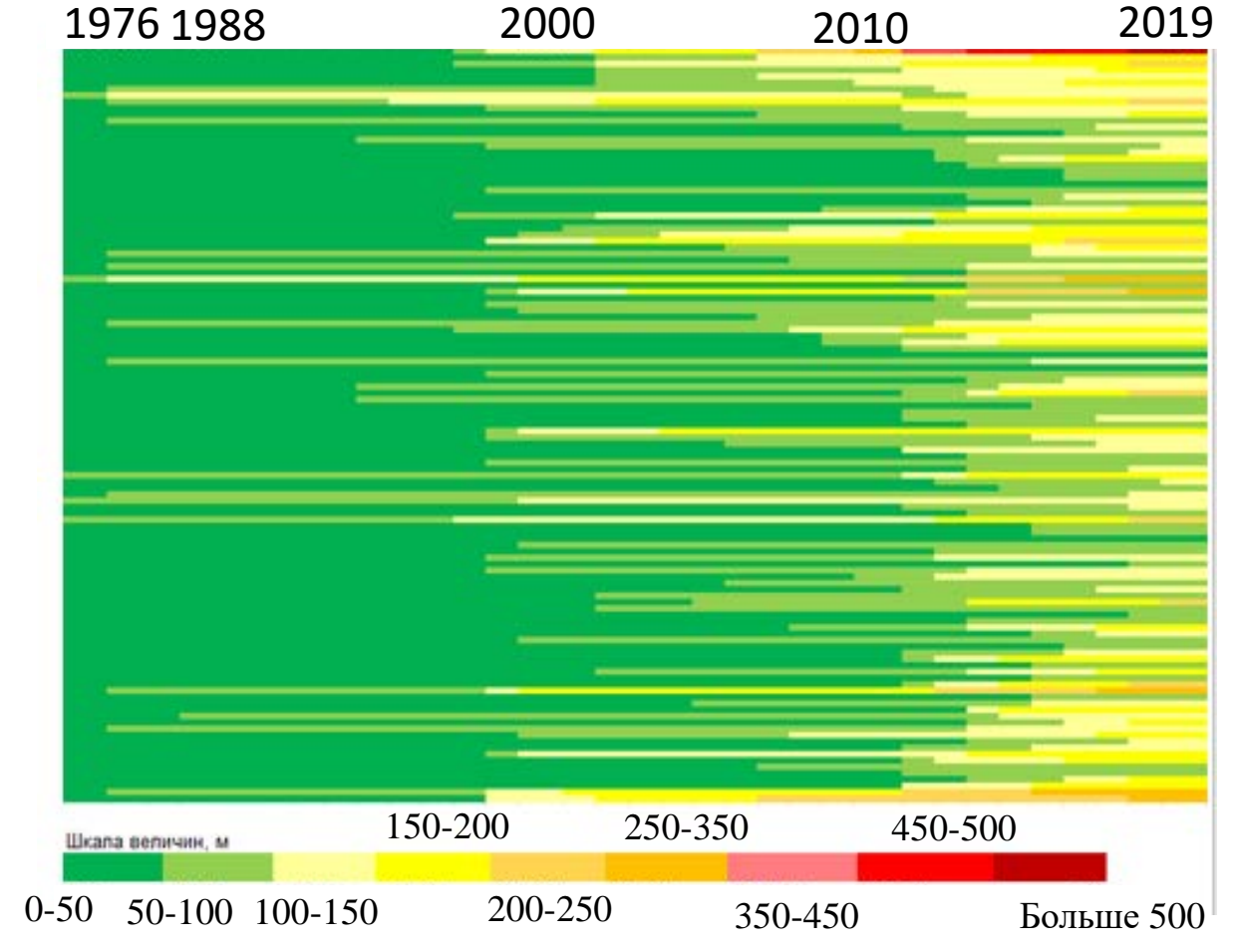
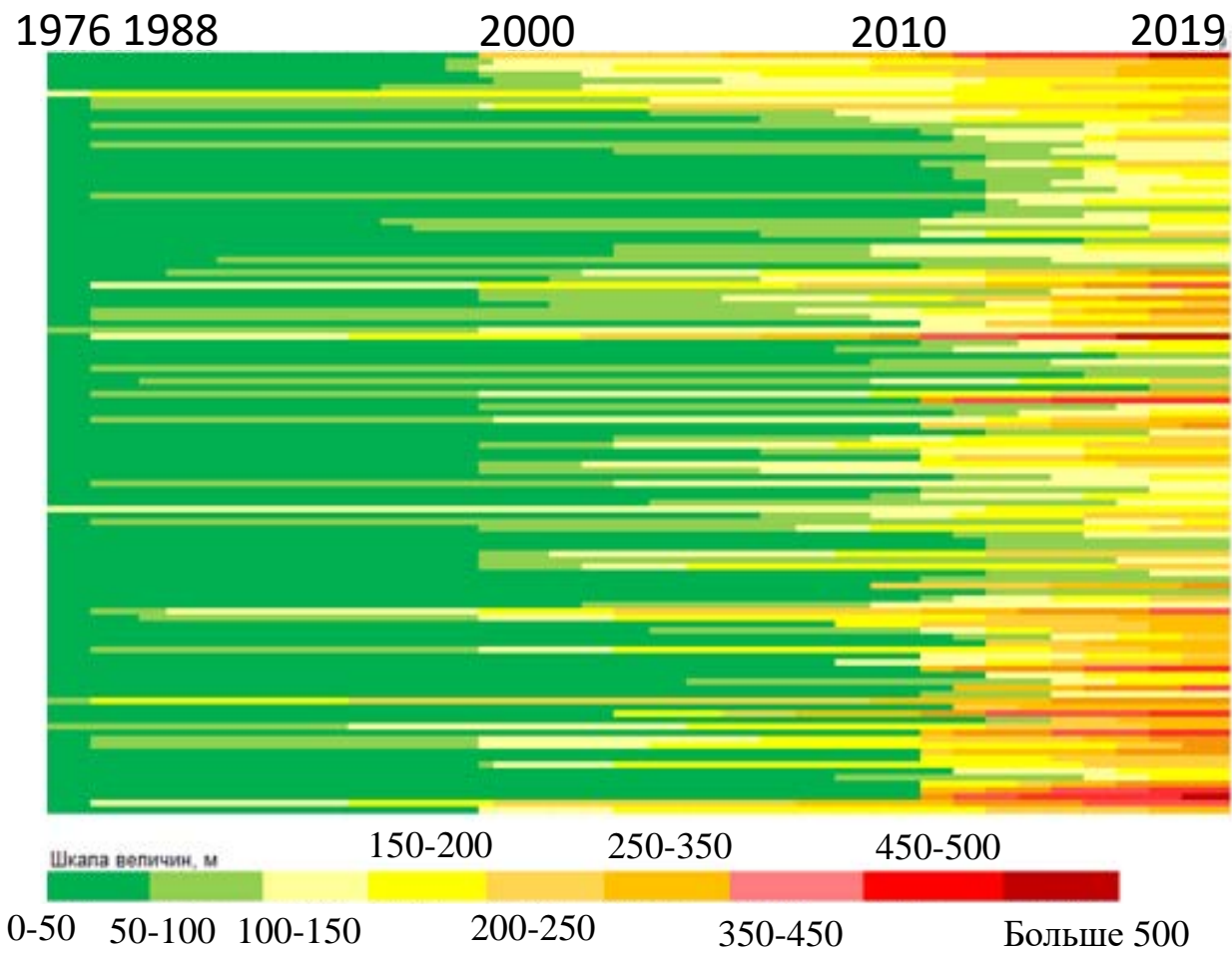
- Длина от основания склона до бровки срыва – d_1 ;
- Длина от линии тальвега до бровки срыва – d_2 ;
- Длина от подошвы склона до линии водораздела – d_3 ;
- Ширина оползня - w .



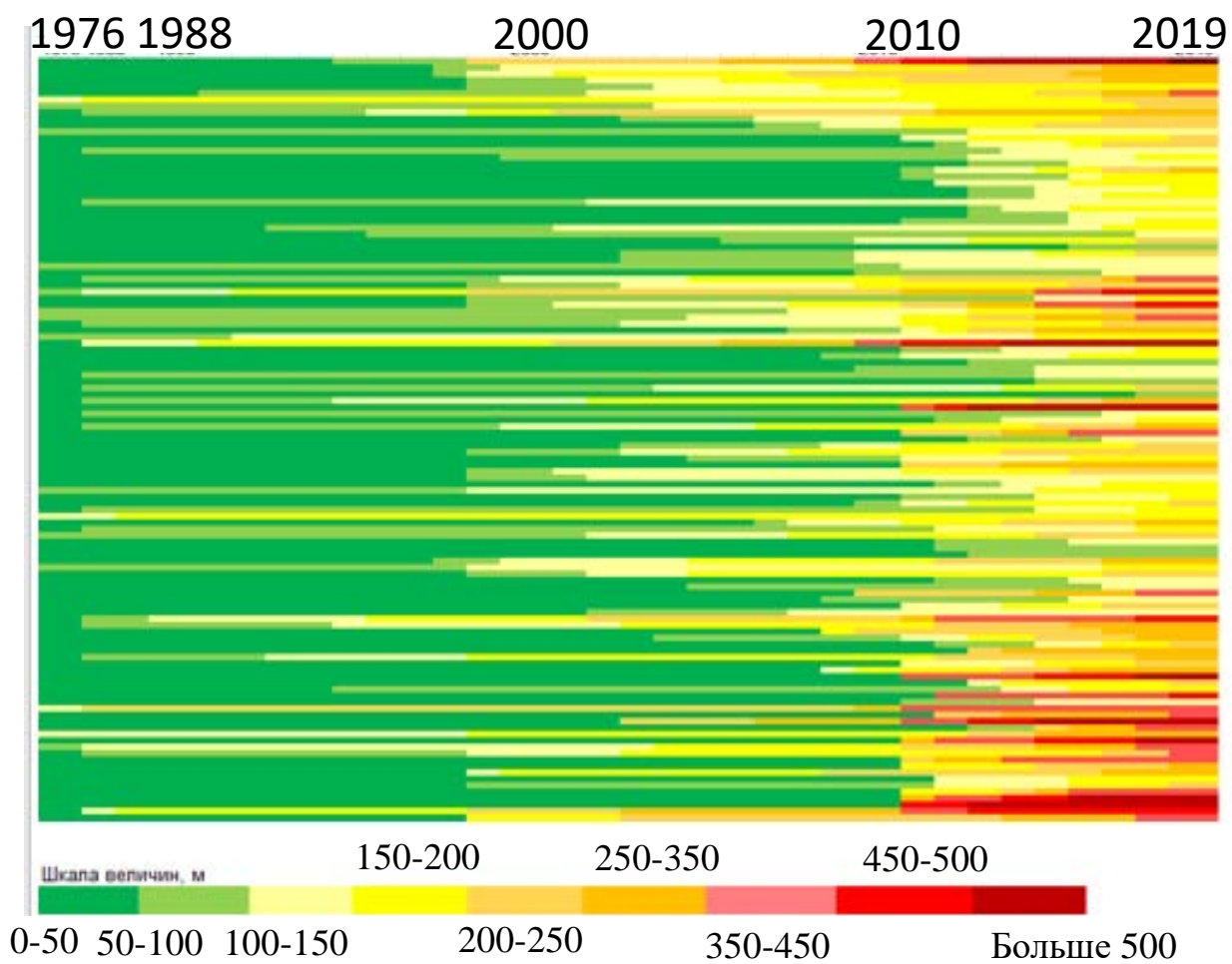


Отобрано 119 оползней. Параметры оползня измерялись за 55-летний период, с 1976 по 2019 гг.

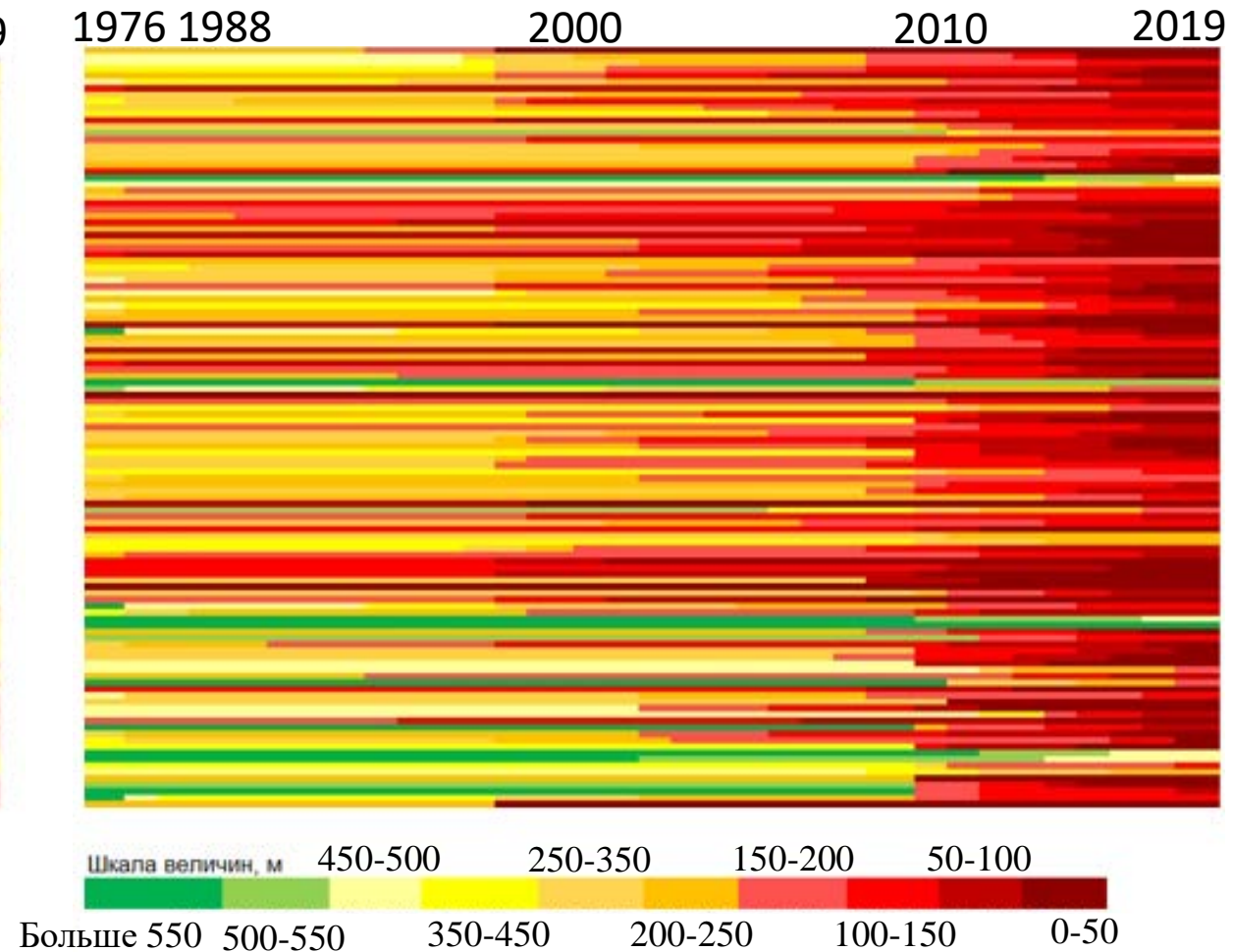
Результаты



Изменение параметров оползней во времени с накоплением: а) длин оползней вдоль по склону, б) ширины оползня поперек склона



В

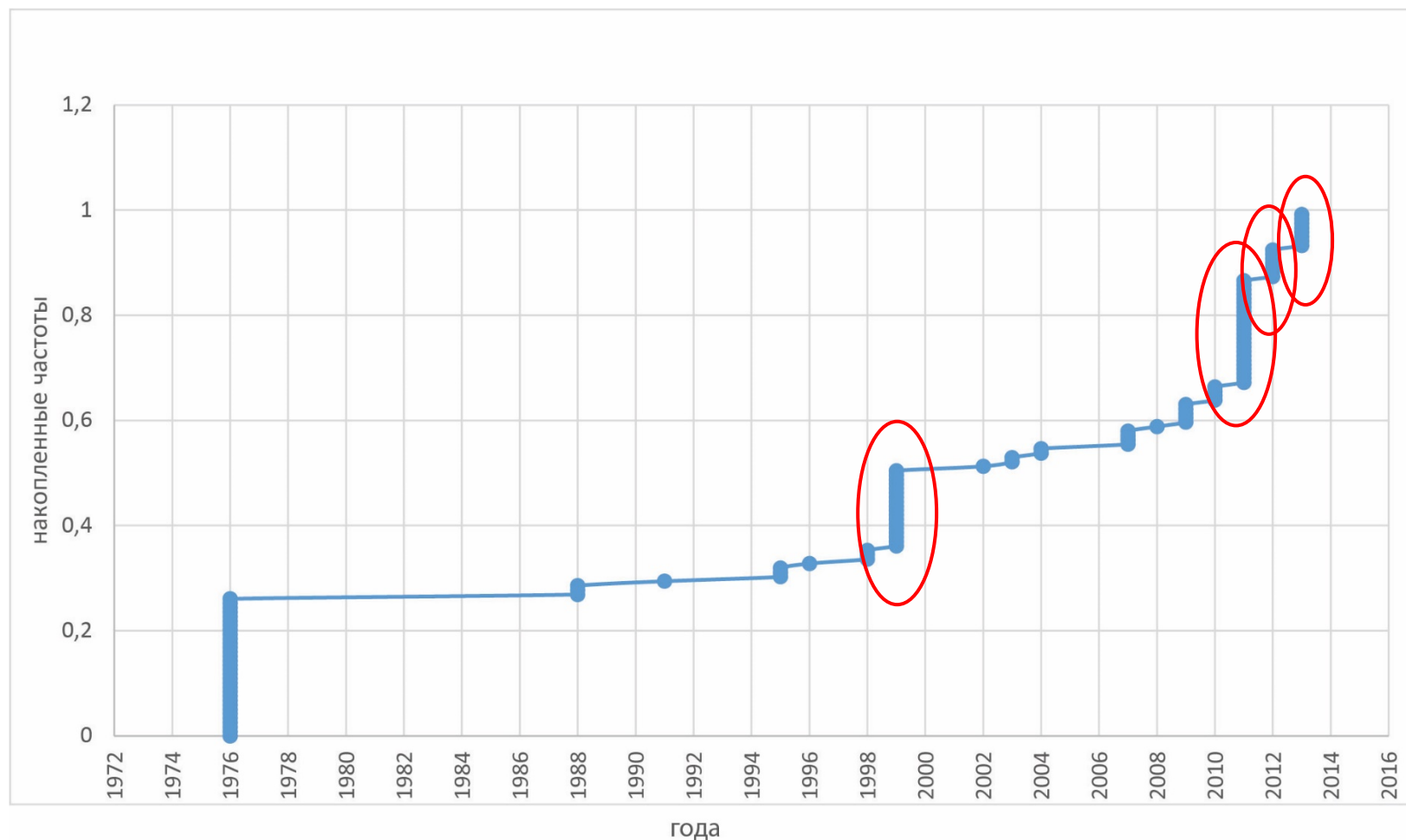


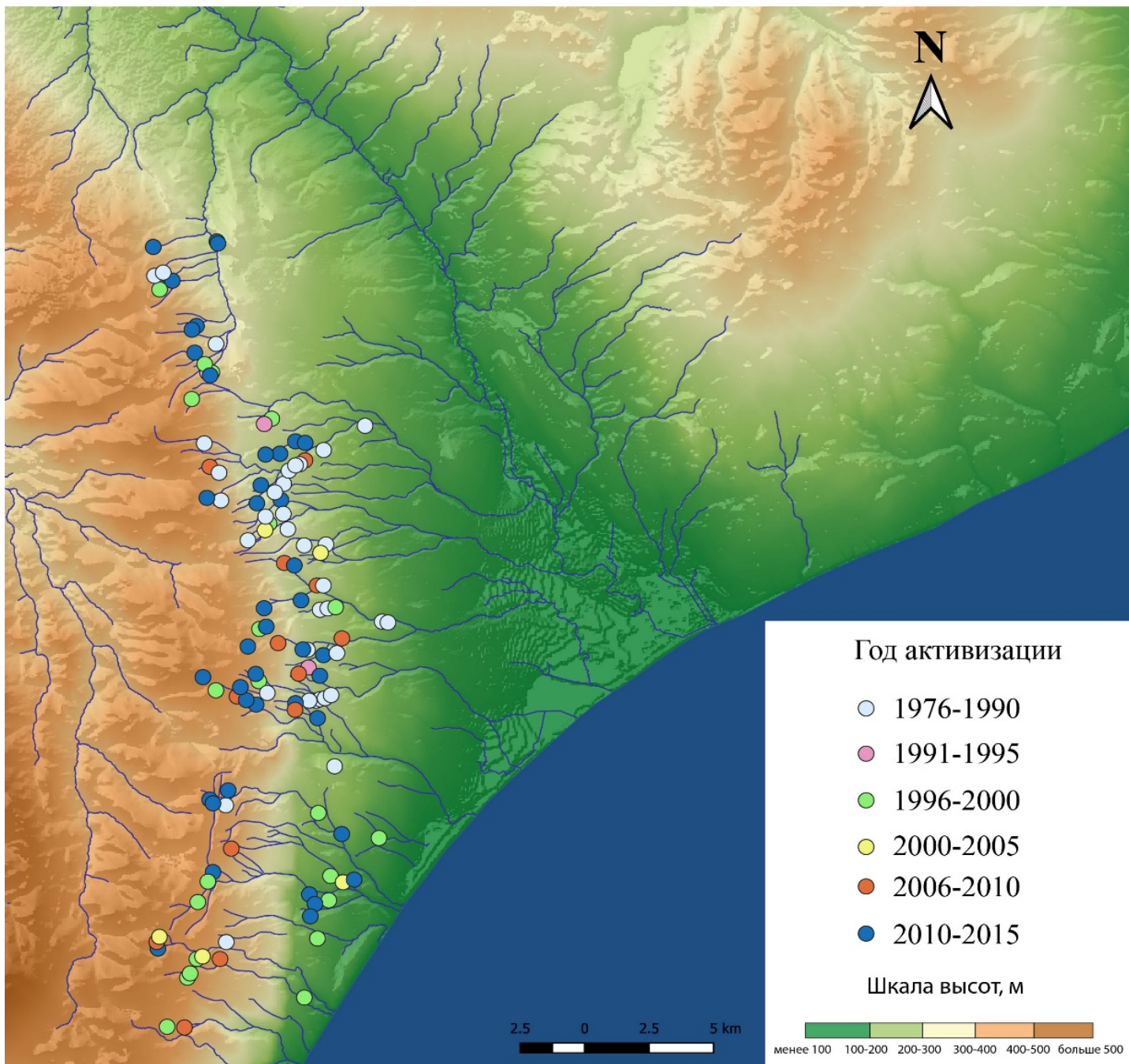
Г

Изменение параметров оползней во времени с накоплением: в) длин оползней вдоль по склону, г) ширины оползня поперек склона

Для всех оползней характерно близкое поведение – довольно стабильный период для 1976-1999 гг, а далее резкий рост размеров.

Выявлены два типа периодов активизации: шквальные активизации отмечены в 1999, 2011 гг., 2012, и в меньшей степени для 2013 г. Случайные активизации регистрировались в промежутках между периодами шквальных активизаций



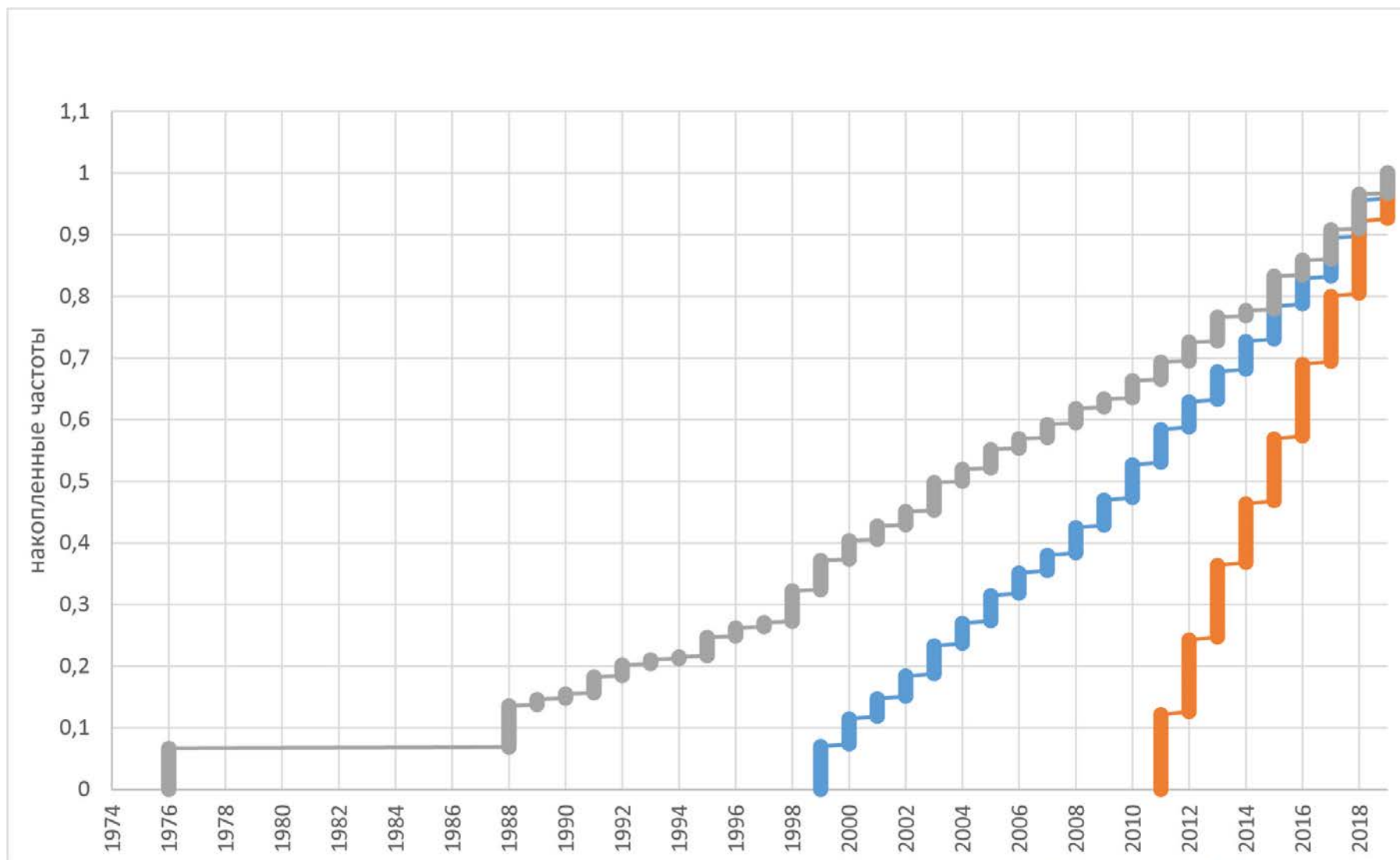


Карта распределения новых активизаций по годам

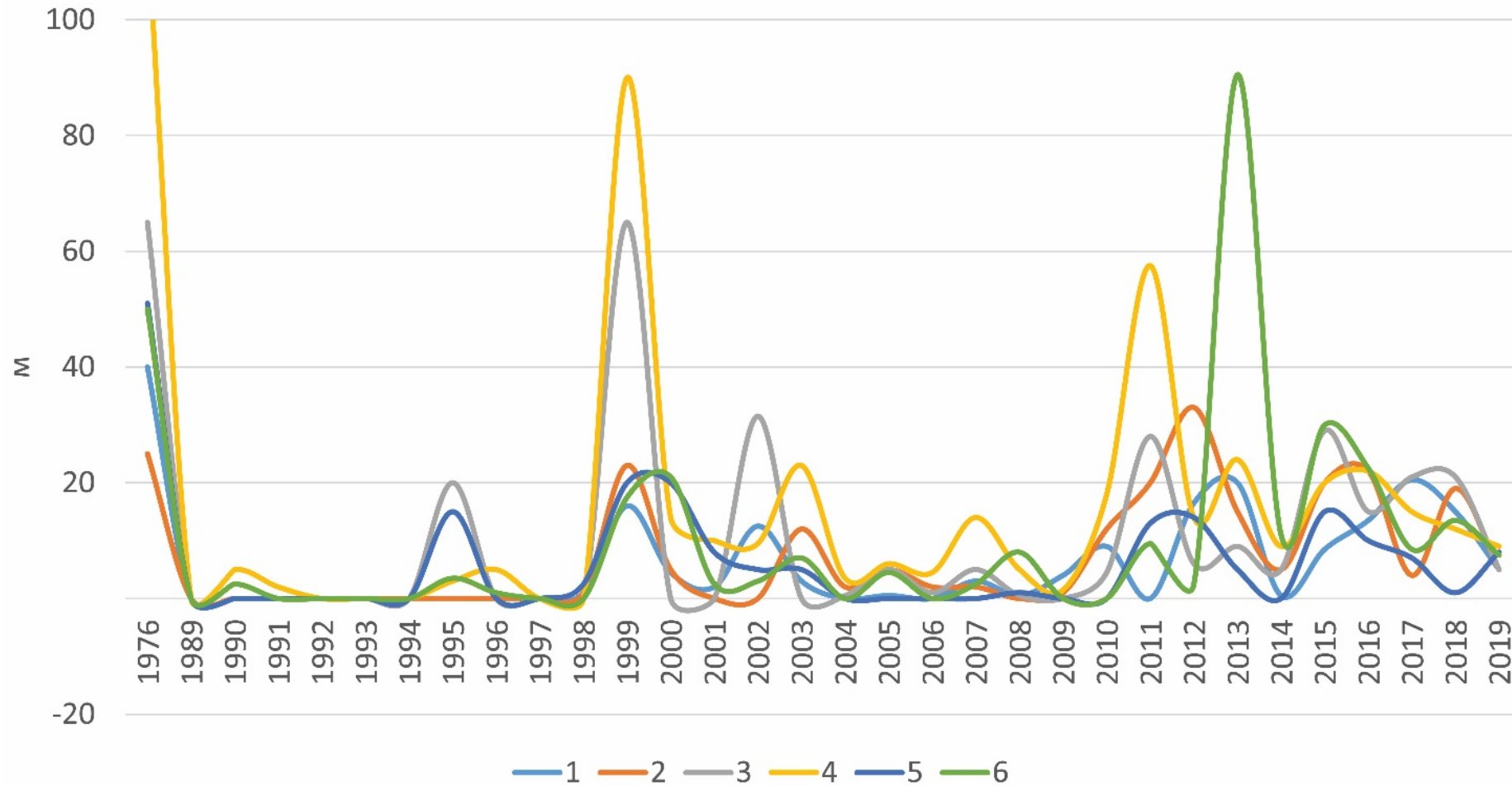
За 55-летний период наблюдений выявлено 87 новых оползневых очагов.

В период 2013-2019 гг. активизация новых оползней не отмечена, но оползни, выделенные ранее, продолжали смещаться

Накопленное распределение смещений для оползней, которые были выявлены в первый срок наблюдений, а также для тех, у которых были отмечены первые активизации в период шквальных активизаций 1999 и 2011 годов

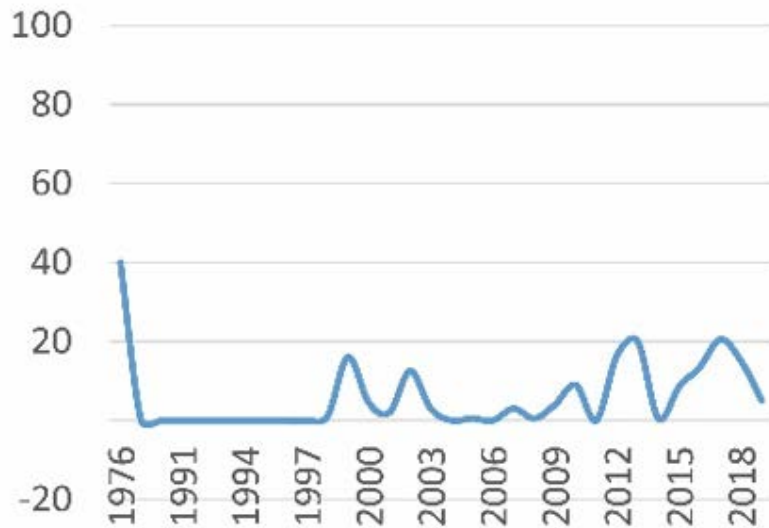


Классификация поведения оползней во времени

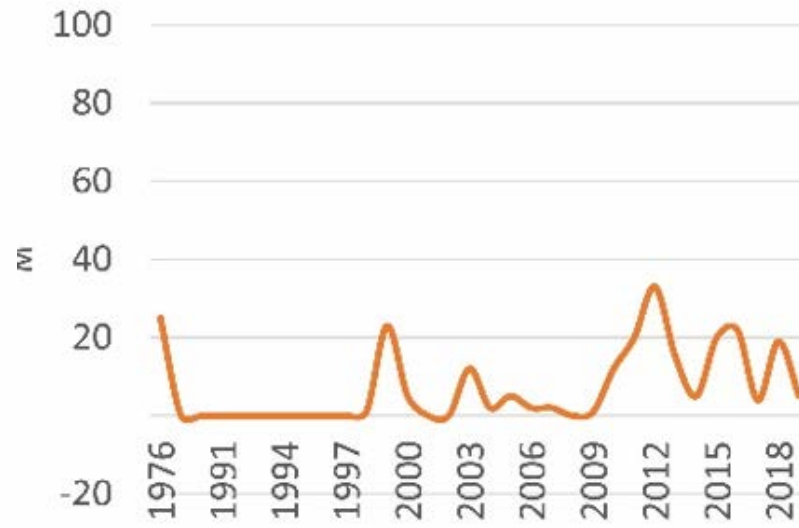


В основе лежит кластерный анализ. Всего выделено **6 классов**
Основной параметр – сумма изменения длины и ширины оползня за год,
в качестве меры сходства использовался коэффициент корреляции

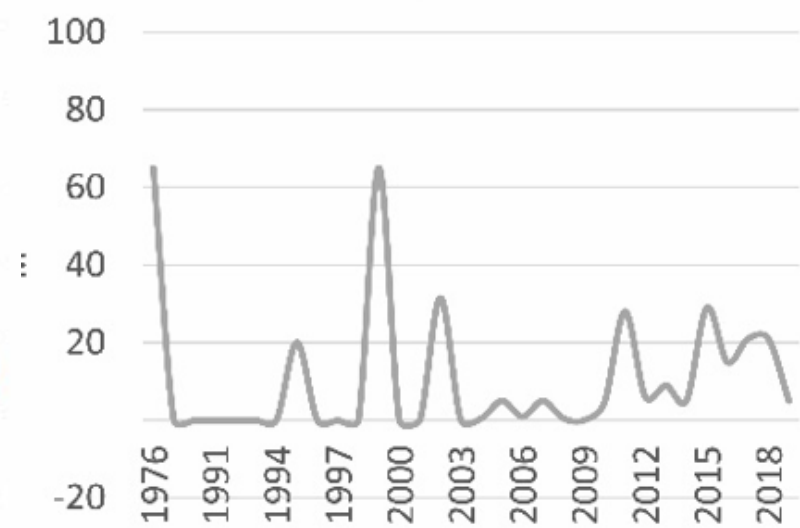
1



2

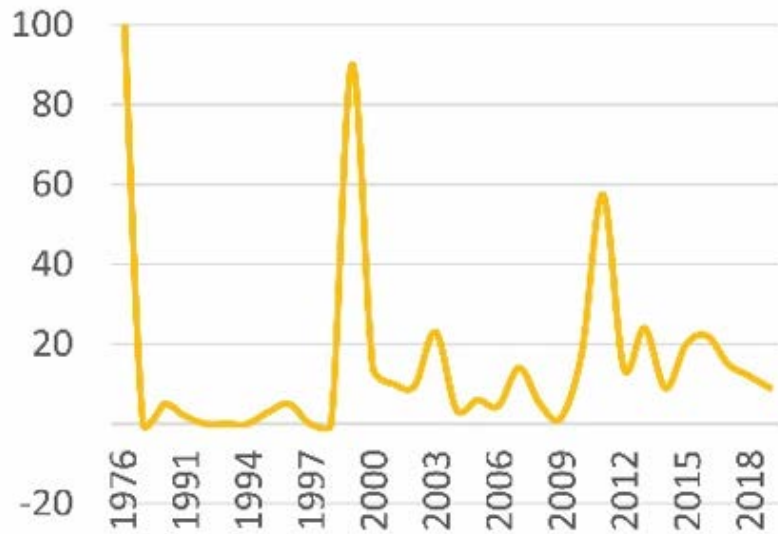


3

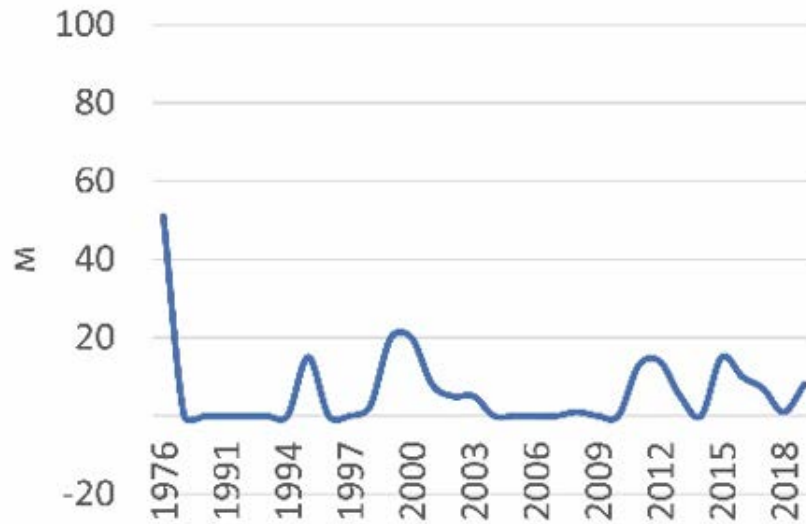


- **Класс 1:** оползни с небольшим изменением плановых размеров (не более 20 метров) во время активизаций. Периоды: 1999-2002, 2012-2013, 2016-2019.
- **Класс 2:** оползни со средним изменением (до 40 метров). Общие годы 1999, 2003, 2011-2013, 2015-2016, 2018-2019.
- **Класс 3:** оползни с большими изменениями. Общие годы 1995, 1999, 2002, 2011, 2015-2019.

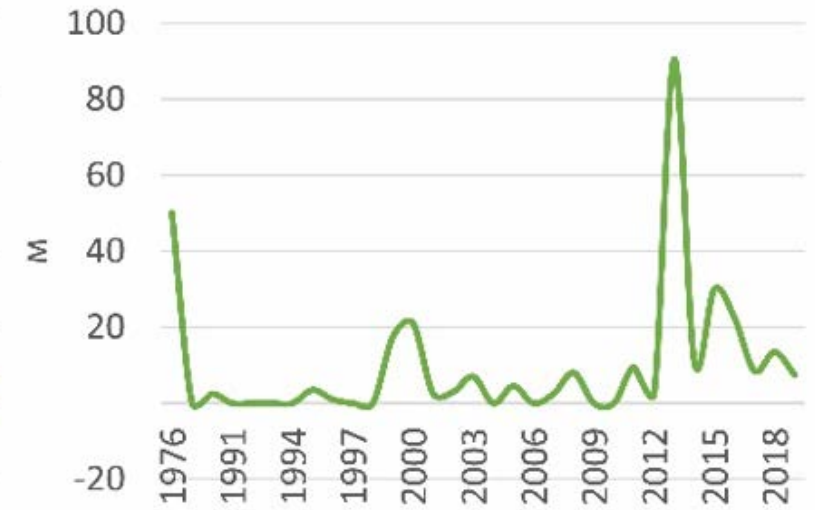
4



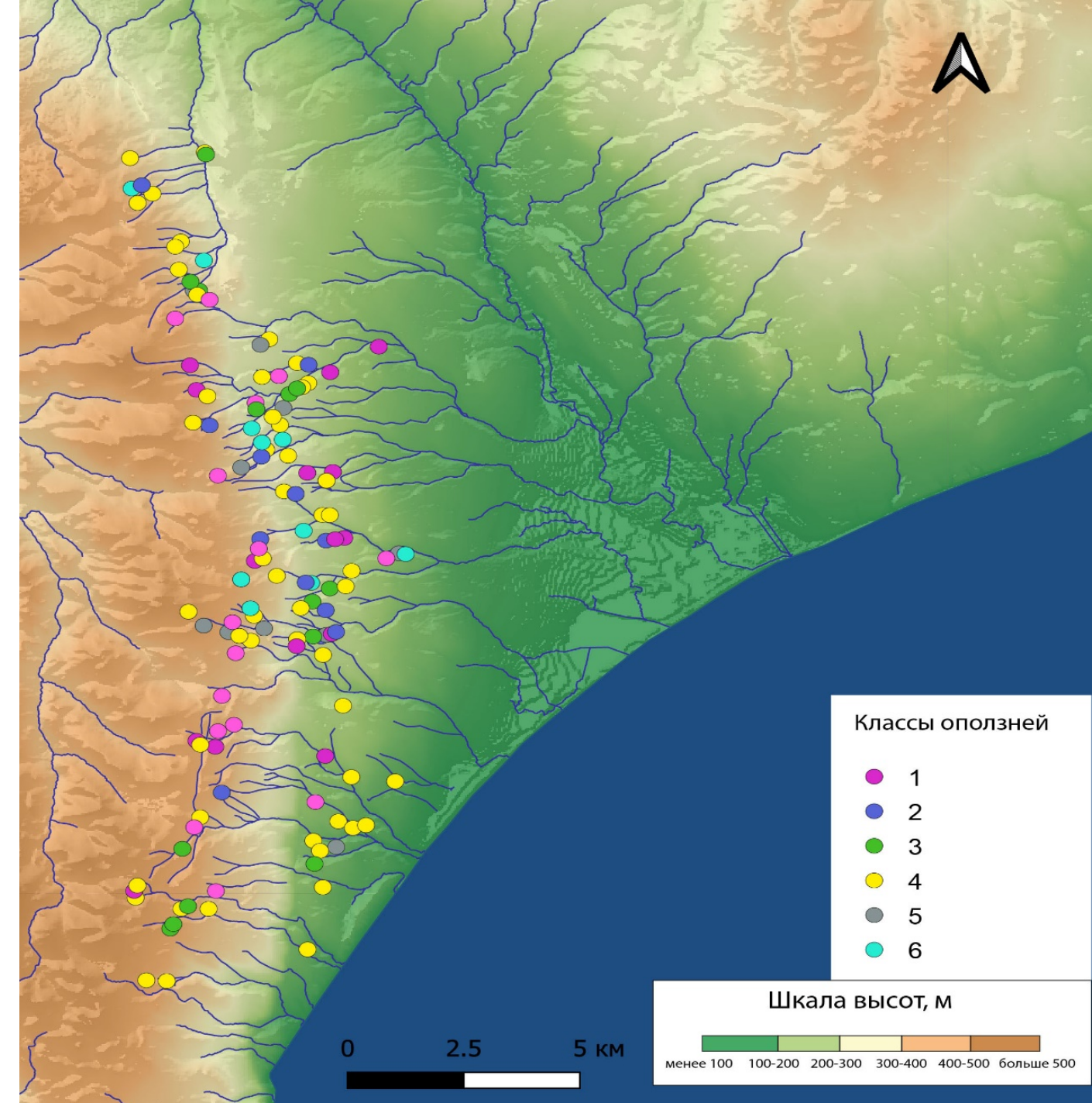
5



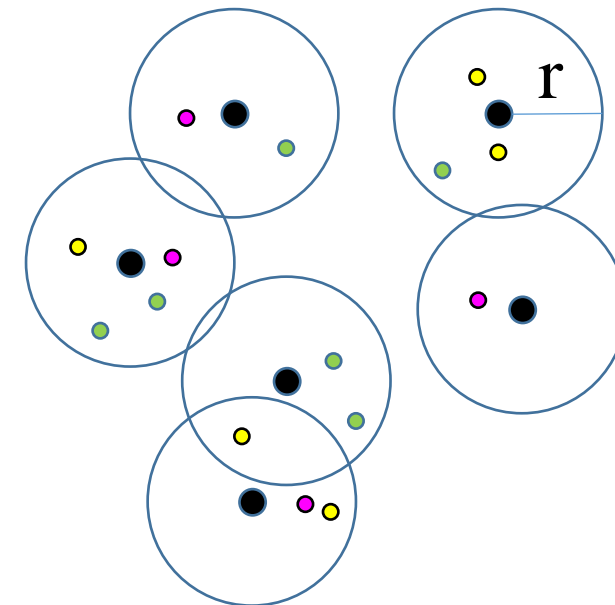
6



- **Класс 4:** оползни с сильным изменением плановых размеров с 1998 по 1999 и с 2010 по 2011 годам. Общие годы активизации 2003, 2013 и 2015-2016.
- **Класс 5:** оползни с небольшим изменением (до 20 метров). Годы - 1995, 1998-2003, 2011-2013, 2015-2017. Также изменения с 1994 по 1995 год, с 1998 по 2000 год.
- **Класс 6:** оползни со значительным (до 80 метров) изменением плановых размеров с 2012 по 2013 и с 2014 по 2015 год



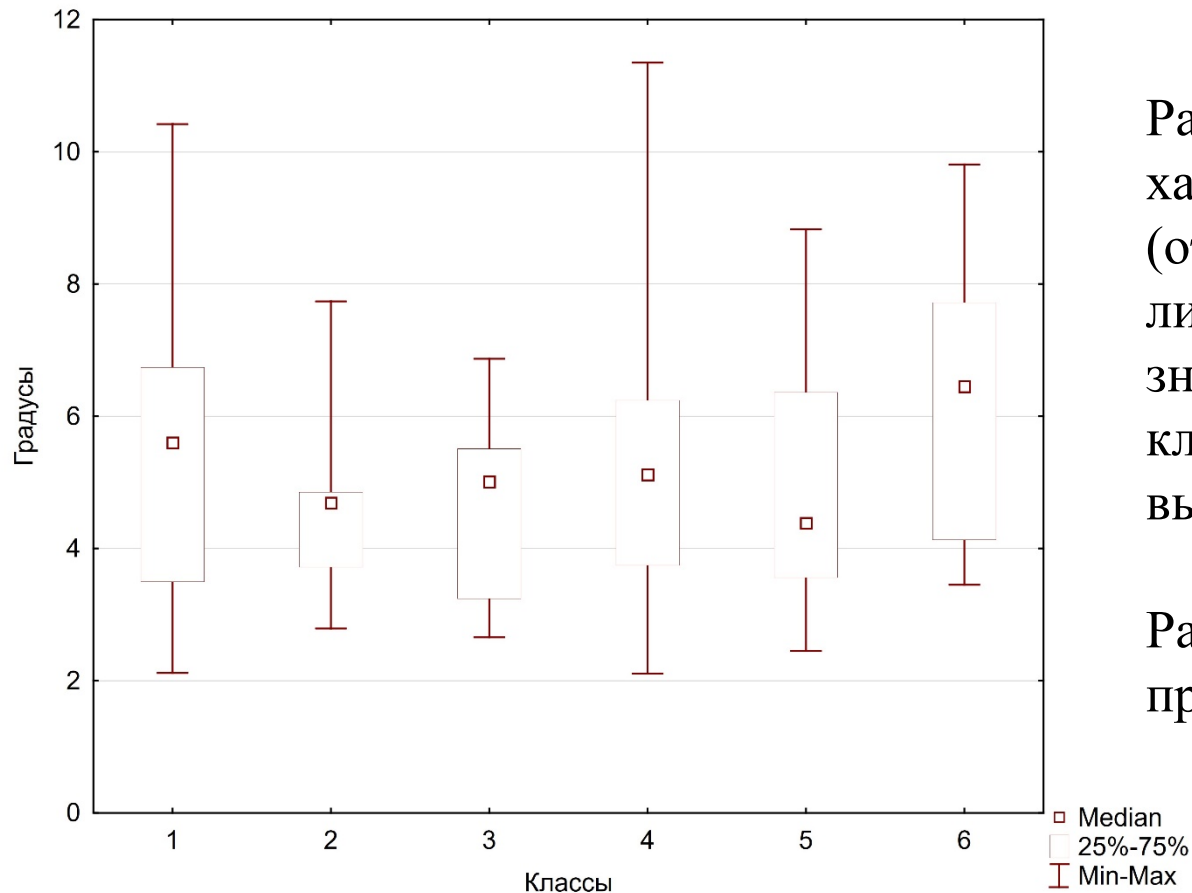
Пространственное
распределение классов оползней на
территории.



100 случайных точек с окружностями
 $r = 1$ км

Классы	2	3	4	5	6
1	0,25	-0,06	0,06	-0,24	-0,08
2		0,11	0,19	0,04	0,35
3			0,41	0,01	0,29
4				0,30	0,36
5					0,27

Рассчитана корреляция между встречаемостью оползней разных классов



Расположение по территории оползней, характеризующихся разным поведением во времени (относящихся к разным классам), не имеет какой-либо пространственной приуроченности, поскольку значимых корреляций в расположении разных классов и их пространственной кластеризации не выявлено.

Различия классов по величине крутизны склона проверялись с помощью критерия Смирнова

Выводы

- Всего за 55 лет наблюдений была зафиксирована активизация **87 новых оползневых очагов**, не активных в 1976 г. При этом 40 из них активизировались за период 1976-2012 год, остальные 47 за оставшийся 7-летний период.
- **Максимальная длина** по склону оползня в выборке составила **480 м**, **ширина 409 м**. **Минимальная длина** по склону оползня в выборке составила **54 м**, **ширина 40 м**.
- **Шквальные активизации были отмечены в 1999, 2011 гг., 2012, и в меньшей степени для 2013 г.** Случайные активизации регистрировались в промежутках между периодами шквальных активизаций.

- Для **шквальной активизации** характерен **одновременный ежегодный сход 20-30 новых оползней**. Для **случайной активизации** характерен **сход 1-2 новых оползней ежегодно**.
- В случае активизации уже существующий оползневой очаг может увеличиться до 100 м вдоль по склону, и до 50 м поперек склона за год.
- Отмечается **нарастание частоты** появления новых оползней во времени **в период 1976 -2013, однако после 2013 г.** и до конца наблюдений (2019 г.) появления **новых очагов не отмечено**.
- До первой активизации участок склона находится в стабильном состоянии. **После того, как активизируется оползневой процесс** и происходит первая активизация, **оползень начинает ежегодно испытывать подвижки**.
- **Распределение оползней не имеет пространственной приуроченности**. В частности, не отмечается пространственной приуроченности к линиям, оползни не группируются в скопления и подчинены локальным факторам, которые обуславливают независимое размещение оползней