

### Литература:

1. Куренной, В.В. Питьевые подземные воды России. Изучение и использование ресурсов / В.В. Куренной // Разведка и охрана недр. – Москва: ЗАО Полиграфическая компания «Парадигма», №9. 2011. – с. 3–10.
2. Биндеман, Н.Н. Региональная оценка ресурсов подземных вод / Н.Н. Биндеман, Б.В. Боровский, И.С. Зекцер, В.С. Ковалевский, Е.Л. Минкин, М.Р. Никитин, З.Д. Фаренгольд, Л.С. Язвин. – Москва: [Наука](#), 1975. 138 с.
3. Боровский, Б.В. Оценка запасов подземных вод / Б.В. Боровский, Н.И. Дробноход, Л.С. Язвин. – Киев: Головное издательство издательского объединения, 1989. 407 с.
4. Федоров, Ю.А. Особенности образования и функционирования озера Малый Лиман как природно-техногенной системы / Ю.А. Федоров, А.Н. Кузнецов, В.А. Савицкий, Б.В. Талпа, И.В. Головков, Н.В. Доценко, К.С. Станиславский, В.Н. Габова // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». – Ростов-на-Дону, 2022.
5. Инструкция по электроразведке. – Л.: Недра, 1984. 534 с.
6. Республиканские строительные нормы РСН 64-87 «Инженерные изыскания для строительства. Технические требования к производству геофизических работ. Электроразведка». – ГосСтрой РСФСР, 1987.

УДК 551.435.627

Милосердова Людмила Вадимовна, к.г.-м.н., доцент,  
Хафизов Сергей Фаизович, профессор, д.г.-м.н.,  
Данцова Кристина Игоревна, преподаватель,  
Губкинский университет  
E-mail: miloserdovalv@yandex.ru

### ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ОПОЛЗНЕЙ (ПО МАТЕРИАЛАМ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ)

*Данные спутниковых изображений применяются как для картографирования оползней, так и для мониторинга оползневых процессов. Для этих целей привлекают съёмки в видимой, ближней инфракрасной, тепловой инфракрасной, радиоволновой и ультрафиолетовой зонах спектра. Для дешифрирования разломов (линеаментов) использовались мозаики космических изображений, сделанных со спутников Landsat в видимом диапазоне в период 1985 - 2023 годов. Как считалось ранее наиболее оползнеопасные участки Ошской области сосредоточены в бассейнах рек Яссы (притоки Зергер, Ничке, Кандава, Кара-Тарык), Кара-Кулжа, Тар (Буйга, Токбай-Талаа, Лайсу, Кара-Гуз, Кара-Тарык), Гульча, Ак-Буура и Кыргыз-Ата, в Ноокатской впадине. Дополнительно, на наш взгляд, следует рассмотреть также узлы пересечения пучков линеаментов, показанные на картах.*

*Ключевые слова: оползни, спутниковые снимки, Lessa, линеамент, Кыргызстан*

Людмила Вадимовна Милосердова, г.-м.и.к., доцент,  
Фаизович Сергей Хафизов, г.-м.и.д.,  
Кристина Игоревна Данцова, окутуучу,  
Губкин университети

### ЖЕР КӨЧКҮЛӨРДҮ БОЛЖОЛДООДУГҮ ГЕОЛОГИЯЛЫК ФАКТОРЛОР (СПУТНИКТЕН ТАРТЫЛГАН СҮРӨТТӨРДҮН МАТЕРИАЛДАРЫ БОЮНЧА)

*Спутниктик сүрөттөрдүн маалыматтары жер көчкүлөрдү картага түшүрүү үчүн да, жер көчкү процесстерин көзөмөлдөө үчүн да колдонулат. Бул максаттар үчүн спектрдеги көрүнөө, жакынкы инфракызыл, жылуулук инфракызыл, радио толкун жана ультрафиолет зоналарында сүрөткө тартуу кызыктырат. Жаракаларды (линеаменттерди) чечмелөө үчүн 1985-2023 - жылдар аралыгында Оак спутниктеринен тартылган космостук сүрөттөрдүн мозаикасы колдонулган. Ош облусунун мурда жер көчкү коркунучу бар участоктору Яссы (Зергер, Ничке, Кандава, Кара-Тарык куймалары), Кара-Кулжа, Тар (Буйга, Токбай-Талаа, Лайсу, Кара-Гуз, Кара-Тарык), Гүлчө, Ак-Буура жана Кыргыз-Ата дарыяларынын бассейндеринде, Ноокат ойдуңунда топтолгон. Мындан тышкары, биздин оюбузча, карталарда көрсөтүлгөн линеаменттердин тутамдарынын кесилиш түйүндөрү да каралышы керек.*

*Ачык сөздөр: жер көчкү, спутниктен тартылган сүрөттөр, Пачк, Линеамент, Кыргызстан*

Miloserdova Lyudmila Vadimovna, candidate of geological and mineralogical sciences, associate professor, Sergey Faizovich Hafizov, doctor of geological and mineralogical sciences, professor, Kristina Igorevna Dantsova, lecturer, Gubkin University

## **GEOLOGICAL FACTORS IN PREDICTING LANDSLIDES (BASED ON SATELLITE IMAGES)**

*Satellite image data is used both for mapping landslides and for monitoring landslide processes. For these purposes, shooting in the visible, near infrared, thermal infrared, radio wave and ultraviolet zones of the spectrum is attracted. Mosaics of satellite images taken from Landsat satellites in the visible range in the period 1985 - 2023 were used to decipher faults (lineaments). As previously thought, the most landslide-prone areas of the Osh region are concentrated in the basins of the Yassy rivers (tributaries of the Zerger, Nitschke, Kandava, Kara-Taryk), Kara-Kulzha, Tar (Buiga, Tokbai-Talaa, Laisu, Kara-Guz, Kara-Taryk), Gulcha, Ak-Buura and Kyrgyz-Ata, in The Nookat Depression. Additionally, in our opinion, it is also necessary to consider the intersection points of the bundles of lineaments shown on the maps.*

*Key words: landslides, satellite images, Lessa, lineament, Kyrgyzstan*

**Введение.** Кыргызстан — горная страна, территория которой имеет сложные рельеф и геологическое строение. Горные и предгорные районы республики, сложенные горными породами различного возраста и генезиса, перекрыты мощным чехлом четвертичных отложений. Большая крутизна склонов и значительная их обводненность обуславливают широкое развитие оползней - одну из самых грозных геологических опасностей на территории Кыргызской Республики. Площадь, подверженная оползневым процессам, составляет 15 тыс. км<sup>2</sup> или 7,5% всей территории страны [1,3]. На территории Кыргызской Республики насчитывается 4554 оползня, в том числе 4468 или 98% сосредоточено в южном регионе, в том числе в Ошской, Джалал-Абадской и Баткенской областях (рис. 1). [1,3,4,5].

Горные породы, распространенные на оползнеопасных территориях представлены в основном переслаивающимися пестроцветными глинами, песчаниками, известняками, мергелями, гипсами с многочисленными водоносными горизонтами и перекрытыми сверху лессовидными суглинками с максимальной мощностью до 30 м. Эти сочетания горных пород также считаются оползнеопасными.

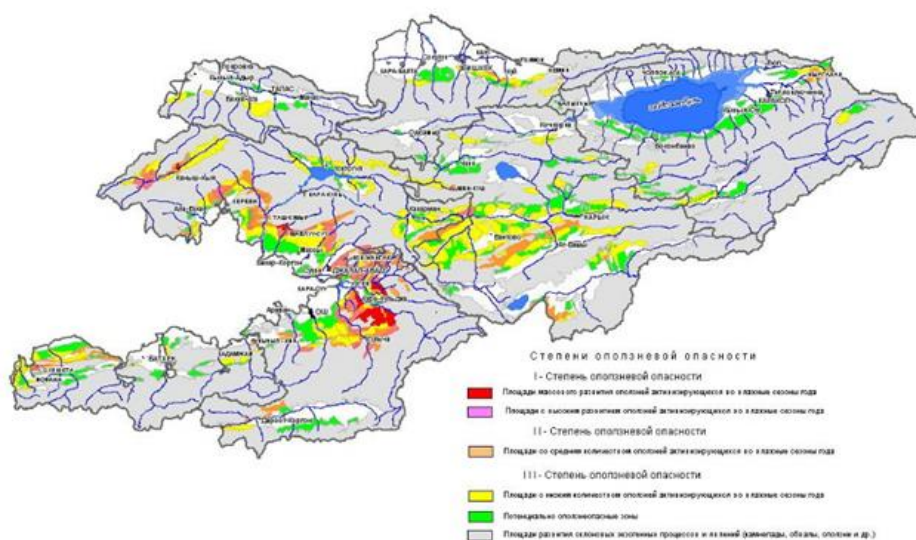


Рис. 1. Карта-схема прогноза оползневой опасности на территории Кыргызской республики. Рисунок из Интернета rep.kg. Открытый Кыргызстан

Считается, что возникновение большинства новых и активизация старых и древних оползней в Кыргызстане вызваны климатическими, а также прямо или косвенно связанными с ними гидрогеологическими и гидрологическими факторами, которые объединяются под названием «гидрогенные».

Данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в исследованиях оползней активно используются с 90-х гг. XX в. Технологические достижения в индустрии ДЗЗ двух последних десятилетий способствуют широкому внедрению космических и аэрофотоснимков, а в настоящее время - дронов для мониторинга уже закартированных оползней. Современное поколение сенсоров для космической съёмки с коммерческих спутников обеспечило новый уровень исследовательских возможностей, вызванный появлением, прежде всего, снимков сверхвысокого пространственного разрешения.

Данные спутниковых изображений применяются как для картографирования оползней, так и для мониторинга оползневых процессов. Для этих целей привлекают съёмки в видимой, ближней инфракрасной, тепловой инфракрасной, радиоволновой и ультрафиолетовой зонах спектра [2]. В последнее время исследования оползней средствами космической съёмки расширились за счет съёмок в радиодиапазоне, поскольку радарная интерферометрия позволяет обнаруживать деформации и смещения земной поверхности в доли см [7]. Применение дистанционных съёмок – это эффективный инструмент мониторинга и картографирования оползней, а также высокотехнологичного анализа оползневой опасности. В настоящее время данные по оползневой опасности внедрены в популярный ресурс Google Earth. Материалы дистанционного зондирования (космическая съёмка, радарная интерферометрия и др.) достаточно широко используются в разнообразных исследованиях оползневых процессов, причем не только в виде самостоятельных методов, но и в сочетаниях с наземными и геофизическими исследованиями.

Однако в эти факторы не включаются, и не изучаются разломы и другие виды дизъюнктивов, например, зоны повышенной трещиноватости по которым происходит крип. Эти структуры повсеместно и надежно можно опознать на материалах дистанционных съёмок. Разломы и зоны трещиноватости дешифрируются на материалах космических съёмок в виде линейментов. Настоящая работа посвящена

установлению связи между локализацией территорий наибольшей оползневой опасности с дизъюнктивными дислокациями на различных масштабных уровнях.

**Актуальность и задачи исследования.** Как указывается в работе И.А. Торгоева [5] в последние годы в горных районах Кыргызстана на фоне происходящего изменения климата отмечается существенное возрастание оползневой активности, особенно в южных районах страны, где выпадает наибольшее количество (1200 мм/год) атмосферных осадков. За период 1993—2013 гг. в стране возникло только 320 крупных ( $V \geq n 105 \text{ м}^3$ ) оползней, под которыми погибло 256 человек, а прямой экономический ущерб от оползней составил в среднем 2,5 млн долл. в год. Это обуславливает безусловную актуальность предлагаемой работы.

Задачами исследования являются:

- установление влияния на оползневую опасность разломов (линеаментов), дешифрирующихся на космических изображениях в разных масштабах;
- определение возможности использования для дешифрирования пакета программ компьютерного выделения линеаментов WinLessa.

**Материалы и методы исследования.** Для дешифрирования разломов (линеаментов) использовались мозаики космических изображений, сделанных со спутников Landsat в видимом диапазоне в период 1985 - 2023 годов.

Проводилось как визуальное, так и компьютерное дешифрирование на изображениях четырех уровней генерализации. Для обзорного изучения использовалась мозаика снимков, ограниченная координатами с севера N-43°30', с юга N 38°, с запада E 70°, с востока - E 80°30'. В прямоугольник с этими координатами полностью входит Кыргызстан.

Для рассмотрения в более крупном (региональном) масштабе был выбран участок в западной части Кыргызстана, ограниченный координатами с севера N-43°30', с юга N 39°45', с запада E 71°30', с востока - E74°30'. Для еще более подробного рассмотрения выбран локальный фрагмент, проходящий через наиболее уязвимые с тектонической точки зрения участки, ограниченный координатами с севера N-40°54', с юга N 40°06', с запада E 72°30', с востока - E 73°45'. Еще более детально рассматривался участок, ограниченный координатами с севера N-40°38', с юга N 40°30', с запада E 73°26', с востока - E 73°40' (рис. 2). Эти участки выделялись как примеры наибольшей тектонической напряженности по данным дешифрирования изображений с помощью программы WinLessa.

Программа WinLessa сканирует изображение и в элементарных окнах размером 6x6 пикселей выявляет участки и направления с наибольшей и превышающей пороговое значение контрастностью. Этот фрагмент она помечает как «штрих». В результате создается карта штрихов, которая, в изучаемом регионе, как правило, соответствует в ложбинах водотоков и водоразделам, и другим линейным элементам ландшафта. Затем программа из полученного поля штрихов формирует разнообразные производные карты. В нашем случае мы использовали карты интенсивности штрихов, векторы удлинений штрихов (статистическая характеристика «выборочная результирующая длина») а также сформированные программой длинные линеаменты. Программа выделяет линеаменты, выстраивая однонаправленные штрихи в «коридоре», причем она честно ничего не обобщает и можно в интерактивном режиме выбирать сколькими штрихами будет подтвержден соответствующий линеамент. Естественно, чем больше мы потребуем штрихов для подтверждения линеамента, тем меньше программа оставит линеаментов. Подробнее про пакет программ [6,7].

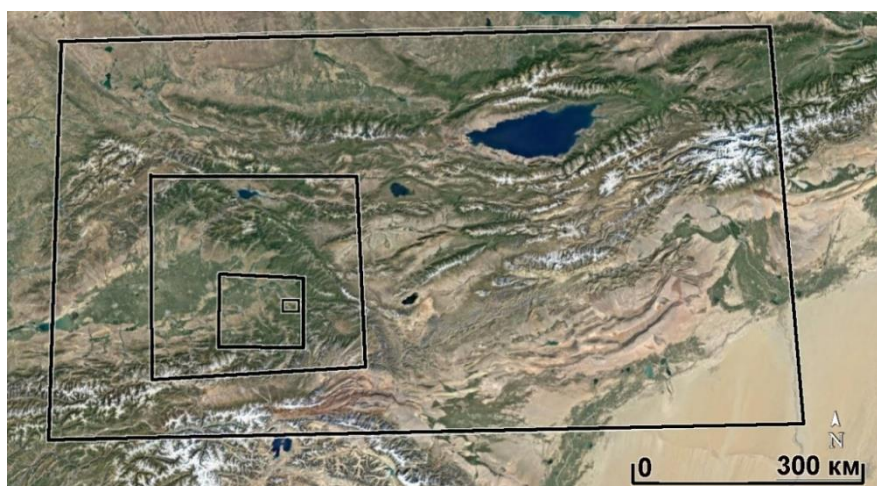


Рис. 2. Расположение участков Кыргызстана, рассмотренные в работе. Google Earth

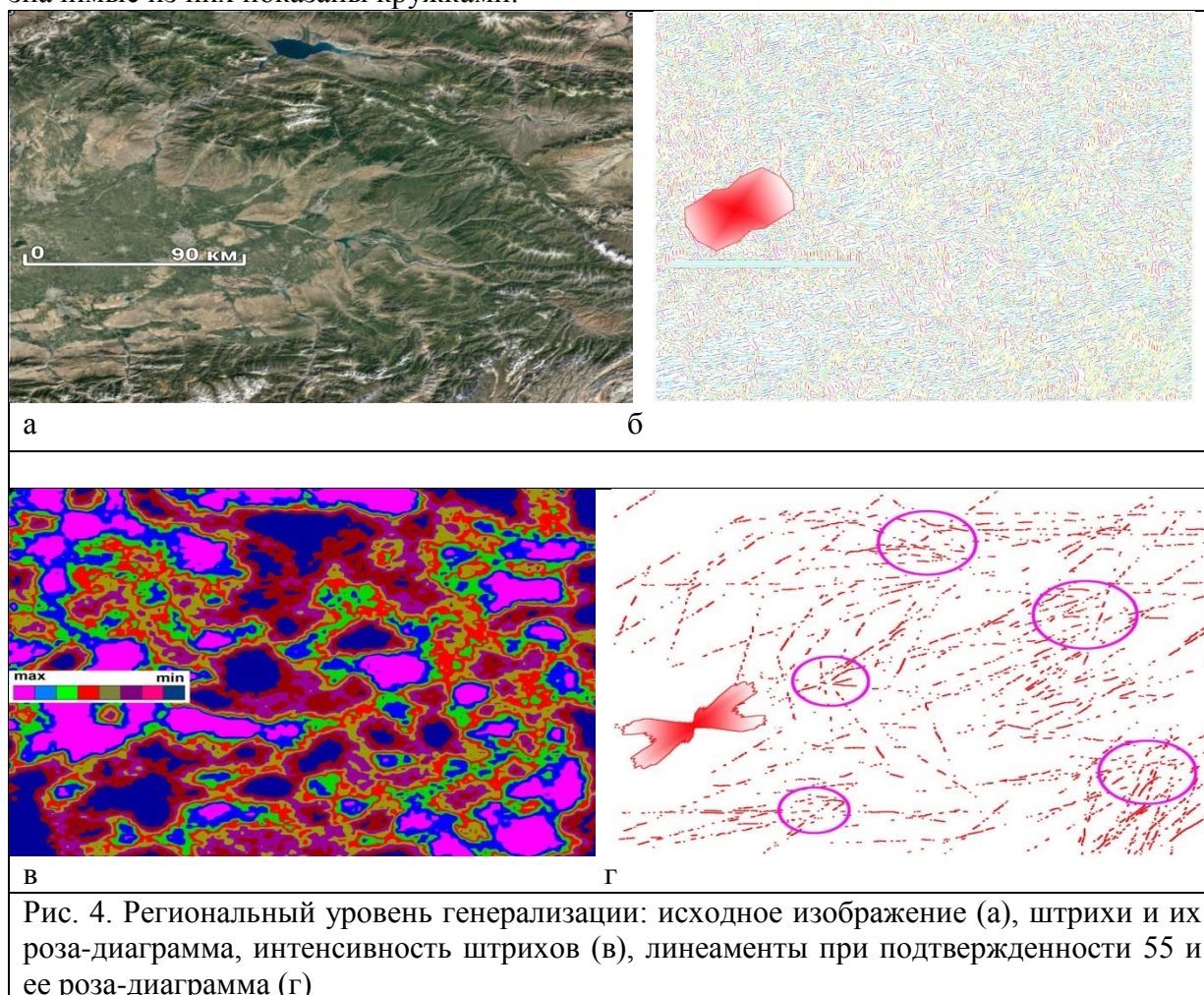
**Результаты исследования и выводы.** Обзорный уровень генерализации. Для удобства сопоставления здесь же приведено исходное изображение. На космическом изображении, приведенном на рис. 3а. хорошо видно, что основные направления рек и горных хребтов проходит в северо-северо-восточном направлении, а в северо-западном направлении всю территорию Кыргызстана пересекает и уходит за ее пределы крупный разлом. Штрихи, выделенные программой, и их роза-диаграмма показана на рис. 3б. Различные направления штрихов выделены различным цветом. Сопоставляя штрихи с изображением и оценивая их размер, можно видеть, что они отражают линейные элементы ландшафта размером 5-10 км. Преимущественная ориентировка их – от субширотной до северо-восточной. На рис. 3в показана карта плотности (интенсивности) штрихов. Считается, что чем она выше, тем интенсивнее проходят тектонические процессы. Можно полагать, что еще более опасными участками являются территории максимальных градиентов.

Линеаменты, выделенные программой при подтвержденности 55 и их роза-диаграмма приведены на рис.3г. Так же, как и штрихи, линеаменты ориентированы в основном от субширотного до северо-восточного направления, причем отчетливо выделяются «пучки» линеаментов и узлы их пересечений. Можно полагать, что именно на этих участках и находятся наиболее тектонически напряженные участки. Наиболее значимые из них показаны кружками.



Рис. 3. Региональный уровень генерализации

Линеаменты, выделенные программой при подтвержденности 55 и их роза-диаграмма приведены на рис.4г. Так же, как и штрихи, линеаменты ориентированы в основном от субширотного до северо-восточного направления, причем отчетливо выделяются «пучки» линеаментов и узлы их пересечений. Можно полагать, что именно на этих участках и находятся наиболее тектонически напряженные участки. Наиболее значимые из них показаны кружками.

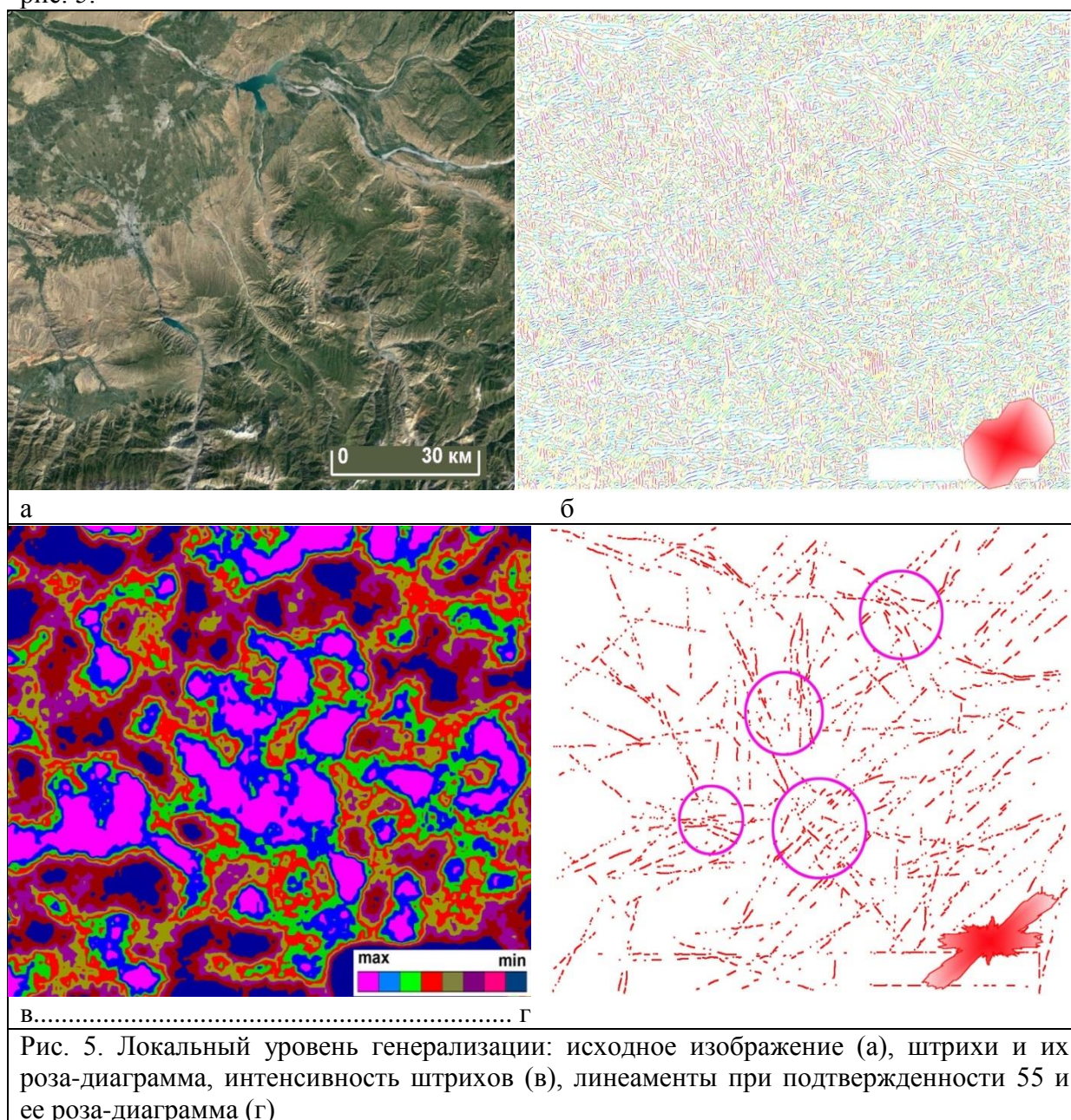


Локальный уровень генерализации. Для удобства сопоставления здесь же приведено исходное изображение. На космическом изображении, приведенном на рис. 5а. хорошо видно, что основные направления ручьев и водоразделов имеют самые различные направления. Через всю территорию исследования протекает река Карадарья. Штрихи, выделенные программой, и их роза-диаграмма показана на рис. 5б, их ориентировка почти не отличается от такового регионального уровня генерализации. Различные направления штрихов выделены различным цветом. Сопоставляя штрихи с изображением и оценивая их размер, можно видеть, что они отражают линейные элементы ландшафта размером около 300-500м. На рис. 5в показана карта плотности (интенсивности) штрихов. Считается, что чем она выше, тем интенсивнее проходят тектонические процессы.

Линеаменты, выделенные программой при подтвержденности 55 и их роза-диаграмма приведены на рис.5г. В отличие от роз-диаграмм штрихов, линеаменты ориентированы в основном в субширотном и северо-восточном направлении. «Пучки» линеаментов выделяются нечетко, линеаменты располагаются весьма равномерно. Узлы их пересечений, тем не менее выделяются довольно отчетливо. Можно полагать,

что именно на этих участках и находятся наиболее тектонически напряженные участки. Наиболее значимые из них показаны кружками.

В районе наибольшей тектонической напряженности был выбран локальный участок, результаты дешифрирования штрихов и линеаментов на нем приведены на рис. 5.



*Детальный уровень генерализации.* Детальный участок один из самых оползнеопасных в Кыргызстане. Он практически полностью покрыт оползнями и, одновременно, чрезвычайно тектонически напряжен. Для удобства сопоставления здесь же приведено исходное изображение. На космическом изображении, приведенном на рис. 6а, хорошо видно, что основные направления ручьев и водоразделов имеют самые различные направления, но в основном – широтные. В северной части участка протекает река Кара-Дарья. Штрихи, выделенные программой, и их роза-диаграмма показана на рис. 6б, их ориентировка значительно более изометричная. Различные направления штрихов выделены различным цветом. Сопоставляя штрихи с изображением и оценивая их размер, можно видеть, что они отражают линейные

элементы ландшафта размером около размером 50-70 м, причем зачастую в качестве штрихов выделяются не только природные элементы ландшафта, но и границы полей и другие сельскохозяйственные угодья. На рис. 6в показана карта плотности (интенсивности) штрихов. Считается, что чем она выше, тем интенсивнее проходят тектонические процессы.

Линеаменты, выделенные программой при подтвержденности 55 и их роза-диаграмма приведены на рис.6г. В отличие от роз-диаграмм штрихов, линеаменты ориентированы в основном в субширотном и северо-восточном направлении. «Пучки» линеаментов выделяются нечетко, линеаменты располагаются весьма равномерно. Узлы их пересечений, тем не менее выделяются довольно отчетливо. Можно полагать, что именно на этих участках и находятся наиболее тектонически напряженные участки. Наиболее значимые из них показаны кружками.

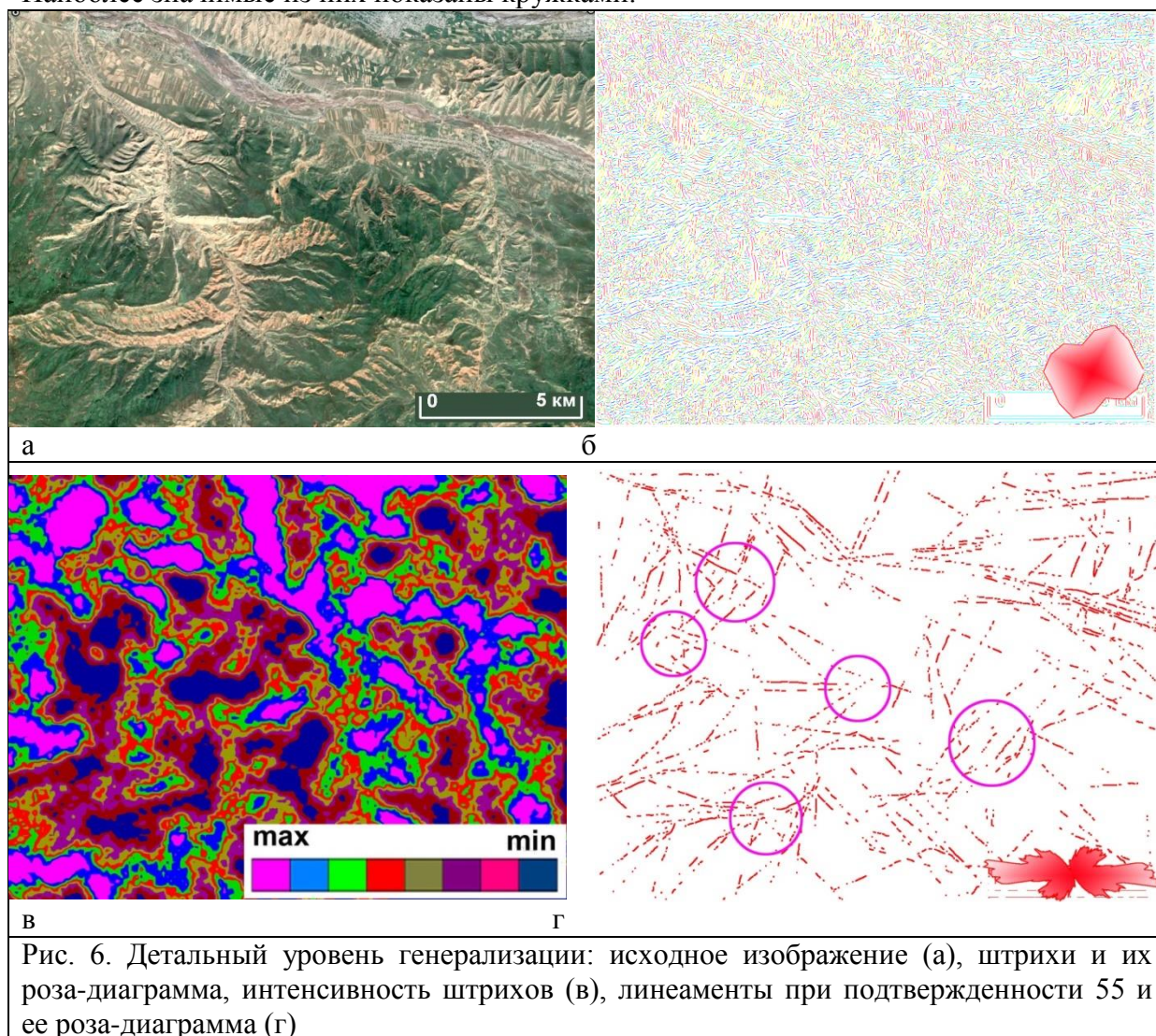


Рис. 6. Детальный уровень генерализации: исходное изображение (а), штрихи и их роза-диаграмма, интенсивность штрихов (в), линеаменты при подтвержденности 55 и ее роза-диаграмма (г)

**Выводы.** Сравнение положения оползневоопасных участков, выделенных с помощью программы WinLessa с известными картами оползневой опасности, показало, что они в общем совпадают, тем не менее выделяются дополнительные узлы, максимально тектонически напряженные, на которые следует обратить дополнительное внимание, не отказываясь от традиционных методик прогнозирования оползневой опасности.

Использование изображений различного масштаба позволяет последовательно переходить от обширных территорий, выделять на них опасные участки и затем



рассматривать выделенные фрагменты с большей детальностью. Для этой работы большую помощь оказывает программа WinLessa.

Как считалось ранее наиболее оползнеопасные участки Ошской области сосредоточены в бассейнах рек Яссы (притоки Зергер, Ничке, Кандава, Кара-Тарык), Кара-Кулжа, Тар (Буйга, Токбай-Талаа, Лайсу, Кара-Гуз, Кара-Тарык), Гульча, Ак-Буура и Кыргыз-Ата, в Ноокатской впадине. Дополнительно, на наш взгляд, следует рассмотреть также узлы пересечения пучков линеаментов, показанные на наших картах.

### Литература

1. Ибатуллин Х. В. Мониторинг оползней Кыргызстана. Бишкек: МЧС КР, 2011. 145 с. 2
2. Ляпишев К.М. Обзор современных исследований оползней по данным аэрофото- и спутниковых съёмок. <http://intercarto.msu.ru/jour/articles/article192.pdf>
3. Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики. Изд. 18-е с изм. и доп. Бишкек: МЧС КР, 2021.
4. Система мониторинга оползней в Кыргызстане Технологии гражданской безопасности, 2013
5. Торгоев И. А., Алешин Ю. Г., Аширов Г. Э., Коваленко Д. Н. Оползневая опасность территории Кыргызстана и возможные экологические последствия оползневых катастроф //Геодинамика и геоэкология высокогорных районов в XXI в. Бишкек, 2007. Вып. 2. С. 83–96;]
6. Detecting Real-time Increased Precipitation - Sudden Landslide Identification Product DOI: 10.21203/rs.3.rs-19292/v1
7. [http://loi.sccc.ru/gis/dataplus/arcrev/Number\\_17/3\\_Svoistva.htm](http://loi.sccc.ru/gis/dataplus/arcrev/Number_17/3_Svoistva.htm)
8. <https://earthengine.google.com/>

---

УДК 553.98

Полина София Дмитриевна, аспирант,  
Данцова Кристина Игоревна, ст. преподаватель,  
Файзуллин Гаяз Ильдарович, студент,  
Российский государственный университет нефти и  
газа им. И.М.Губкина  
E-mail: sofiyapolina@mail.ru

### АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ВОПРОСЫ ТЕКТониКИ, ГЕОЛОГИИ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА

*Статья посвящена вопросам геологии Северо-Западного Кавказа. Рассматриваемая территория, приуроченная к зоне Адыгейского выступа, имеет длительную историю геолого-геофизической изученности и обширную базу фактического материала. Несмотря на накопленный материал по району, до сих пор остаются существенные пробелы в понимании механизма и истории заполнения их бассейнов и их кайнозойской геодинамической эволюции. Не решены вопросы об источниках сноса для толщ разного возраста и о тектонической природе Западно-Кубанского прогиба и палеографических реконструкций Северного Причерноморья с использованием сейсмостратиграфических профилей. В работе представлены результаты собственной интерпретации сейсмостратиграфических профилей, проходящих через Адыгейский выступ. Высоко-детальные сейсмические записи по Северо-Западному Предкавказью показывают, что поступление обломочного материала в сторону западной части современного горного сооружения Большого*