

4. Луцицкая М.В., Моисеев А.В., Соколова С.Д., Тучкова М.И., Сергеев С.А., О'Салливан П.Б., Вержбицкий В.Е., Малышев Н.А. Окраинно-континентальные и внутриплитные позднепротерозойские граниты и риолиты острова Врангеля (Арктика) // Геотектоника. 2017. № 1, С. 19–43.

5. Парфенов Л.М., Натанов Л.М., Соколов С.Д., Цуканов Н.В. Террейны и аккреционная тектоника Северо-Востока Азии // Геотектоника, 1993. № 1. С. 68–78.

6. Соколов С.Д. Очерк тектоники Северо-Востока Азии // Геотектоника, 2010, № 6. С. 60–78.

7. Тильман С.М., Богданов Н.А., Бялобжеский С.Г., Чехов А.Д. Остров Врангеля. Геология СССР. Т. XXVI. Острова Советской Арктики. М.: Недра, 1970. 97 с.

8. Amato J.M., Toro J., Miller E.L., Gehrels G.E., Farmer G.L., Gottlieb E.S., Till A.B. Late Proterozoic –Paleozoic evolution of the Arctic Alaska-Chukotka terrane based on U-Pb igneous and detrital zircon ages: implications for Neoproterozoic paleogeographic reconstructions // Geol. Soc. Amer. Bull. 2009. Vol. 121. P. 1219–1235.

9. Sun S.S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes // Geol. Soc. London. Spec. Publ. 1989. Vol. 42. P. 313–345.

---

**А.Б. Молчанов<sup>1</sup>, Н.А. Гордеев<sup>2</sup>**

---

## **Автоматизация структурно-геоморфологического метода реконструкции неотектонических напряжений Л.А. Сим**

**Введение.** Создание программного пакета основано на идее автоматизации и модернизации структурно-геоморфологического метода реконструкции сдвиговых тектонических напряжений (СГМ) [1].

В методе используются статистические данные о неотектонических напряжениях, которые восстанавливаются по взаимоотношению [2] в плоскости множественных линеаментов – мегатрещин.

**Описание программного пакета.** Программный пакет реализован на языке программирования Python для целевой платформы Windows с разрядностью 32 и 64 бита.

---

<sup>1</sup> Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия; alexeybm2009@gmail.com

<sup>2</sup> Институт физики Земли имени О.Ю.Шмидта РАН, Москва, Россия; gord@ifz.ru

Основой решения задачи автоматизации СГМ метода Л.А. Сим является анализ линеаментов на космо-снимках рельефа, топо-картах и пр.

Предлагаемый способ автоматизации СГМ метода Л.А. Сим производит анализ и классификацию разломов по конкретным областям карт, принимая во внимание линеаменты определённых типов. Данный способ состоит из трёх этапов: на первом этапе производится дешифрование необходимых линеаментов, на втором – поиск и измерение углов между соприкасающимися линеаментами, на третьем – классификация по М.В. Гзовскому [2, 3].

Выделение линеаментов может быть выполнено как вручную (путём нанесения векторных фигур на участок спутникового снимка или наложения готовой схемы), так и автоматически при помощи алгоритма скелетизации карты высот.

На следующем этапе применяется процедура поиска т.н. особых точек на скелетизованном изображении или нанесённой вручную векторной маске.

Далее в точках пересечения прилегающих линеаментов и линии разлома производится измерение углов. Для этого сравнивается яркость пикселей на окружностях с центром в особой точке и радиусом, подбираемым так, чтобы шаг измерения не превышал заданной погрешности. Точки-вершины развёрнутых углов отбрасываются, а значения острых углов записываются в массив для последующей классификации по Гзовскому.

Этап классификации реализован в виде цепи условий, проверяемых для каждого значения углов из полученного массива. Условия состоят в принадлежности угла заданному интервалу, с фиксированным средним и изменяемым допустимым разбросом. Каждый тип имеет разный набор условий. После проверки всех условий для всех найденных значений углов вычисляются вероятности принадлежности разлома к тому или иному типу.

Для тестирования был выбран регион Лено-Оленёкского междуречья. Территория тестирования приурочена к северо-востоку Сибирской платформы [4, 5].

**Обсуждение и выводы.** Данные результаты позволяют высказать ряд замечаний касательно работы алгоритмов, использованных в программе.

Во-первых, необходимо улучшить или заменить медианный фильтр, поскольку, как оказалось, при больших значениях радиуса размытия на бинаризованном изображении появляются артефакты в виде «рваных краёв», что при скелетизации приводит к появлению дополнительных мелких штрихов, затрудняющих дешифрование линеаментов. Во-вторых, следует

автоматизировать построение маски области динамического влияния. В-третьих, стоит реализовать одновременную или поочерёдную обработку нескольких разломов на одной карте в одном сеансе работы программы. Есть и другие аспекты.

Таким образом, к настоящему моменту было создано и успешно протестировано программное средство, позволяющее автоматизировать СГМ метод Л.А. Сим и значительно ускорить работы по определению неотектонических напряжений этим методом.

### *Литература*

1. Сим Л.А. Изучение тектонических напряжений по геологическим индикаторам (методы, результаты, рекомендации) // Изв. ВУЗов. геол. и разв. 1991, № 10. С. 3–22.
2. Гзовский М.В. Основы тектонофизики. М.: Наука, 1975. 375 с.
3. Гзовский М.В. Тектонические поля напряжений // Изв. АН СССР, сер. геофиз. 1954. № 5. С. 390–410.
4. Гордеев Н.А. Тектонофизический анализ линеаментов Оленекского поднятия // Четвертая тектонофизическая конференция в ИФЗ РАН. Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле: Материалы докладов всероссийской конференции. В 2-х томах. Т. 1. М.: ИФЗ. 2016. С. 48–52.
5. Гордеев Н.А., Сим Л.А. Комплексный подход изучения новейшей геодинамики, основанный на геологических и тектонофизических методах // Воздействие внешних полей на сейсмический режим и мониторинг их проявлений: Тез. докл. Междунар. юбилейной науч. конф., г. Бишкек, 3–7 июля 2018 г. С. 169–173.

---

**Е.А. Мороз<sup>1</sup>, Ю.А. Зарайская, Е.А. Сухих**

### **Маркеры неотектонических движений в южной части Баренцевоморского шельфа**

Исследование морфологии рельефа дна разных частей Мирового океана позволяет существенно увеличить детальность палеогеографических реконструкций, а также, в ряде случаев, судить о современном

---

<sup>1</sup> Геологический институт РАН, Москва, Россия; morozzea@gmail.com, geozar@yandex.ru, sukhikh\_ea@mail.ru