

ГИС-ПРОЕКТ ДЛЯ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ ОБЩЕГО ЗАКОНА ПОДОБИЯ ДЛЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ: ПРИБАЙКАЛЬЕ

Кревсун Д.А.^{1,2}, Некрасова А.К.¹, Прохорова Т.В.¹

¹ Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН, г. Москва

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
Геологический факультет, г. Москва

E-mail: dasha@krevsun.ru

(стендовый доклад)

В данном исследовании представлен проект для анализа региональной сейсмической опасности (СО), реализованный в QGIS для территории Прибайкалья. Решения Web-GIS проекта основаны на технологиях с открытым исходным кодом и реализованы с использованием как настольных, так и серверных компонентов QGIS. Хранение данных осуществляется с помощью геобаз данных SpatiaLite, которые просты в администрировании без дополнительных зависимостей или установок.

Цель проекта – предоставить интерактивный инструмент для оценки, визуализации, верификации и анализа сейсмической опасности в районе озера Байкал с использованием подхода Общего закона подобия для землетрясений (ОЗПЗ), который обобщает закон Гутенберга–Рихтера [Kossobokov, Mazhkenov, 1994; Kossobokov, 2021].

Проект реализован в пределах 50°–58° с.ш. и 98°–122° в.д. и состоит из трех компонент: (i) идентификация потенциальных сейсмических источников, (ii) моделирование сейсмического воздействия и построение карт СО, (iii) верификация и сравнение полученных карт с картами, построенными на основе вероятностного подхода к оценке СО.

(i) Идентификация сейсмических источников использует ранее опубликованные значения коэффициентов ОЗПЗ [Nekrasova, Kossobokov, 2022; 2023]. Для каждой ячейки j регулярной сетки $1/8^\circ \times 1/8^\circ$, в которой есть надежное определение коэффициентов A , B и C , где A и B соответствуют коэффициентам a и b в законе Гутенберга–Рихтера, а коэффициент C отражает локальную фрактальную размерность распределения эпицентров, ожидаемое число землетрясений магнитуды M_j за период времени T лет определяется как $N_T(M_j) = T \times N(M_j, L_0)$. Максимальная достоверная магнитуда (МДМ) определяется как наибольшая магнитуда M_j , удовлетворяющая условию $N_T(M_j) \geq p$, где $0 \leq p \leq 1$. Ячейки сетки при этом рассматриваются как источники сейсмической интенсивности с МДМ (см. рис.).

(ii) Моделирование сейсмического воздействия от каждого источника выполнено на основе быстрого приближённого метода [Nekrasova, Kossobokov, 2022], учитывающего МДМ и анизотропное распространение воздействия. Основное направление воздействия определяется доминирующим простиранием системы активных разломов региона. Доминирующее простирание определяется автоматически [Емельянов, Некрасова, 2022] для

каждого источника с МДМ на основе базы данных активных разломов [Bachmanov et al., 2022]. В результате строятся карты ожидаемой максимальной макросейсмической интенсивности на 50-летний период для вероятностей превышения 10%, 5% и 1%.

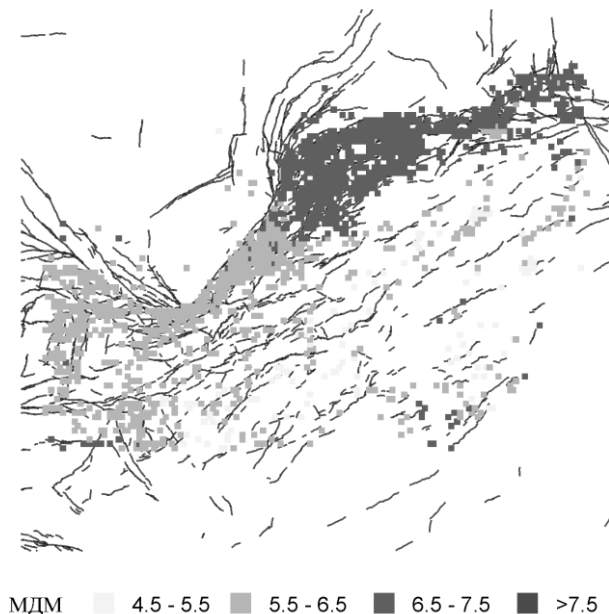


Рис. Схема активных разломов Прибайкалья [Bachmanov et al., 2022] и ячейки МДМ, 10% превышения в 50 лет, определенные на основе коэффициентов ОЗПЗ [Nekrasova, Kossobokov, 2022, 2023]

(iii) *Верификация и сравнение.* Полученные карты СО сопоставляются с картами Общего сейсмического районирования (ОСР-2016) [Завьялов и др., 2018] и картами на основе глобальной модели СО – GEM-2018 [Pagani et al., 2020]. Дополнительно проводится валидация построенных карт данными Унифицированного каталога землетрясений [Специализированный каталог..., 2014], включающего 124 события ($M \geq 5.5$), зарегистрированных в Байкальском регионе до 2013 г. Данные Унифицированного каталога, относящиеся к территории проекта, и фрагменты карт ОСР-2016 и GEM-2018 интегрированы в проект.

Плагины QGIS, обеспечивающие расчёты и визуализацию карт СО представленного проекта, могут быть использованы для построения таких карт в других регионах России и мира, где доступны надёжные оценки коэффициентов ОЗПЗ и имеются данные об активных разломах. Разработанная система предназначена как для научных исследований, так и для практического применения органами, ответственными за управление рисками и чрезвычайными ситуациями, обеспечивая поддержку принятия решений в сейсмоактивных регионах.

Литература

Емельянов И.В., Некрасова А.К. DDLAFS – плагин QGIS для оценки доминирующих направлений системы локальных активных разломов // Геоинформатика. 2022. № 4. С. 54–62. DOI: [10.47148/1609-364X-2022-4-54-62](https://doi.org/10.47148/1609-364X-2022-4-54-62) EDN: [ZGKAZJ](https://www.edn.ru/entry/2022-4-54-62)

- Завьялов А.Д., Перетокин С.А., Данилова Т.И., Медведева Н.С., Акатова К.Н. Общее сейсмическое районирование: от карт ОСР-97 к картам ОСР-2016 и картам нового поколения в параметрах физических характеристик: научное издание // Вопросы инженерной сейсмологии. 2018. Т. 45. № 4. С. 47–68. DOI: [10.21455/VIS2018.4-4](https://doi.org/10.21455/VIS2018.4-4) EDN: [YZACST](https://yza.acst.ru/)
- Специализированный каталог землетрясений для задач общего сейсмического районирования территории Российской Федерации / В.И. Уломов, Н.С. Медведева (ред.). М.: Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, 2014. URL: <http://seismos-u.ifz.ru/documents/Eartquake-Catalog-CK3.pdf>
- Bachmanov D., Trifonov V., Kozhurin A., Zelenin E. Active Faults of Eurasia Database AFEAD v2022. 2022. DOI: [10.13140/RG.2.2.25509.58084](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25509.58084)
- Kossobokov V. Unified Scaling Law for Earthquakes that Generalizes the Fundamental Gutenberg-Richter Relationship // Encyclopedia of Solid Earth Geophysics. Encyclopedia of Earth Sciences Series / Gupta H.K. (ed.). Cham: Springer, 2021. P. 1893–1896. DOI: [10.1007/978-3-030-58631-7_257](https://doi.org/10.1007/978-3-030-58631-7_257)
- Kossobokov V.G., Mazhkenov S.A. On similarity in the spatial distribution of seismicity // Computational seismology and geodynamics / Chowdhury D.K., Biswas N.N., et al. (eds.). American Geophysical Union, 1994. V. 1. P. 6–15. DOI: [10.1029/CS001p0006](https://doi.org/10.1029/CS001p0006)
- Nekrasova A., Kossobokov V. Seismic risk assessment for the infrastructure in the regions adjacent to the Russian Federation Baikal–Amur Mainline based on the Unified Scaling Law for Earthquakes // Natural Hazards. 2023. V. 116. № 2. P. 1995–2010. DOI: [10.1007/s11069-022-05750-9](https://doi.org/10.1007/s11069-022-05750-9)
- Nekrasova A., Kossobokov V. The Lake Baikal Unified Scaling Law for Earthquake Regional Coefficients // Problems of Geocosmos–2020. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences / Kosterov A., Bobrov N., Gordeev E., Kulakov E., Lyskova E., Mironova I. (eds.). Cham: Springer, 2022. P. 253–261. DOI: [10.1007/978-3-030-91467-7_17](https://doi.org/10.1007/978-3-030-91467-7_17)
- Pagani M., Garcia-Pelaez J., Gee R., et al. The 2018 version of the Global Earthquake Model: Hazard component // Earthquake Spectra. 2020. V. 36. № 1_suppl. P. 226–251. DOI: [10.1177/8755293020931866](https://doi.org/10.1177/8755293020931866)

GIS-BASED PROJECT FOR SHA USING THE UNIFIED SCALING LAW FOR EARTHQUAKES: LAKE BAIKAL REGION

Krevsun D.A.^{1,2}, Nekrasova A.K.¹, Prokhorova T.V.¹

¹ Institute of Earthquake Prediction Theory and Mathematical Geophysics, RAS, Moscow

² Lomonosov Moscow State University, Geology Department, Moscow

E-mail: dasha@krevsun.ru