

---

---

# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕОСФЕР

---

---

УДК 551.248.2

EDN UGMFCU

DOI 10.29003/m5042.0514-7468.2026\_48\_1/4-10

## Новейшая геодинамика северо-западной части Восточно-Европейской платформы

И.И. Иванов, В.А. Зайцев\*

*Комплексное изучение территории с помощью ряда методов позволяет построить геодинамическую и геокинематическую модели северо-западной части Восточно-Европейской платформы. Их интерпретация позволяет оценить, в какой геодинамической обстановке находится Калининская атомная электростанция, а также общую геокинематическую обстановку исследуемой территории.*

**Ключевые слова:** атомные станции, новейшая геодинамика, трёхмерное геологическое моделирование, структурно-геоморфологический анализ.

**Ссылка для цитирования:** Иванов И.И., Зайцев В.А., Новейшая геодинамика северо-западной части Восточно-Европейской платформы // Жизнь Земли. 2026. Т. 48, № 1. С. 4–10. DOI: 10.29003/m5042.0514-7468.2026\_48\_1/4-10.

Поступила 07.11.2025 / Принята к публикации 11.03.2026

## Recent Geodynamics of the Northwestern Part of the East European Platform

I.I. Ivanov, V.A. Zaytsev, PhD

*Lomonosov Moscow State University (Faculty of Geology)*

*A comprehensive study of the territory using a number of methods has allowed us to build a geodynamic and geokinematic models of the northwestern part of the East European Platform. Their interpretation allows us to assess the geodynamic environment of the Kalinin Nuclear Power Plant, as well as the overall geokinematic environment of the studied territory.*

**Keywords:** nuclear power plants, neogeodynamics, 3D geological modeling, structural-geomorphological analysis.

---

\* Иванов Илья Игоревич – магистр, [iliahockey95@mail.ru](mailto:iliahockey95@mail.ru), ORCID: 0009-0005-1006-3472; Зайцев Владимир Александрович – к.г.н., доцент, [v.zaitsev@mail.ru](mailto:v.zaitsev@mail.ru), ORCID: 0000-0001-9840-8810; геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова.

**For citation:** Ivanov, I.I., Zaytsev, V.A., “Recent Geodynamics of the Northwest-ern part of the East European Platform”, *Zhizn Zemli [Life of the Earth]* **48**, no 1, 4–10 (2026) (in Engl., abstr. in Russ.). DOI: 10.29003/m5042.0514-7468.2026\_48\_1/4-10.

**Введение.** Исследуемый регион охватывает территорию топографических листов карт О-35, О-36, О-37. В этой области расположены крупные города, такие как Санкт-Петербург, Новгород, Ярославль, Тверь, а также интересующий нас объект – Калининская атомная электростанция. Ранее мы уже проводили подобные исследования для Смоленской, Курской и Нововоронежской АЭС [2]. Полученные результаты были проинтерпретированы и в дальнейшем подтверждены независимыми методами. Так, интерпретация моделирования геодинамической обстановки трансенсии возле Нововоронежской АЭС была подтверждена геофизическими данными, а направления горизонтальных движений нашли совпадение с направлением перемещений на GPS-станциях. Поэтому мы решили расширить участок исследования для дальнейшего изучения геодинамической обстановки и геокинематики Восточно-Европейской платформы.

**Результаты и обсуждение.** В структурном отношении исследуемая территория охватывает фрагменты Балтийской и Московской синеклиз. Изучаемая площадь представляет равнинную территорию с высотами до 346 м, которая наклонена в сторону Балтийского моря и имеет более высокую восточную часть и низкую западную.

Главными научными задачами работы являлись:

1. Выявление геодинамически опасных, с точки зрения современных движений, районов северо-западной части Восточно-Европейской платформы вокруг Калининской АЭС.
2. Интерпретация современной геодинамической обстановки и сейсмической опасности вокруг станции.

Атомная электростанция находится в асейсмичном районе. Здесь было зафиксировано два землетрясения в XIX веке, три землетрясения в XXI веке. Но поскольку расстояние данных землетрясений до атомной станции большое, то максимальная сотрясаемость на территории станции составила 0,97 балла [1]. Такое значение безопасно для расположения атомного объекта.

С внедрением современных подходов изучения поверхности Земли, включающих в себя структурно-геоморфологический анализ, данные дистанционного зондирования, космической геодезии и трёхмерного геодинамического моделирования, стало возможно более достоверно изучить тектоническую активность изучаемой территории. Для исследования объекта был использован весь комплекс вышеперечисленных методов.

По результатам проведённых структурно-геоморфологических исследований была построена карта (**рис. 1**), на которой выделены 25 региональных поднятий и слабые зоны. Под слабыми зонами в данном случае подразумеваются зоны трещиноватости, дробления пород и разрывов со смещением [3].

Хорошим помощником в выделении региональных поднятий являются карта теплового потока и морфометрический параметр «величина вертикального вреза», где легко можно обнаружить активно развивающиеся поднятия. Ещё при выявлении пликативных структур помогает автоматизированное дешифрирование с помощью программы *Lessa*. Она дешифрирует гидросеть с помощью штрихов. По низкой величине плотности штрихов можно выделить поднятия и области опускания. Большинство поднятий в восточной части имеют вытянутость в северо-западном направлении, в



азимут 290°, а ось растяжения – 110° (рис. 2). Ось сжатия находилась ближе к вертикальному положению, поэтому в программе RMS была выбрана обстановка сжатия.

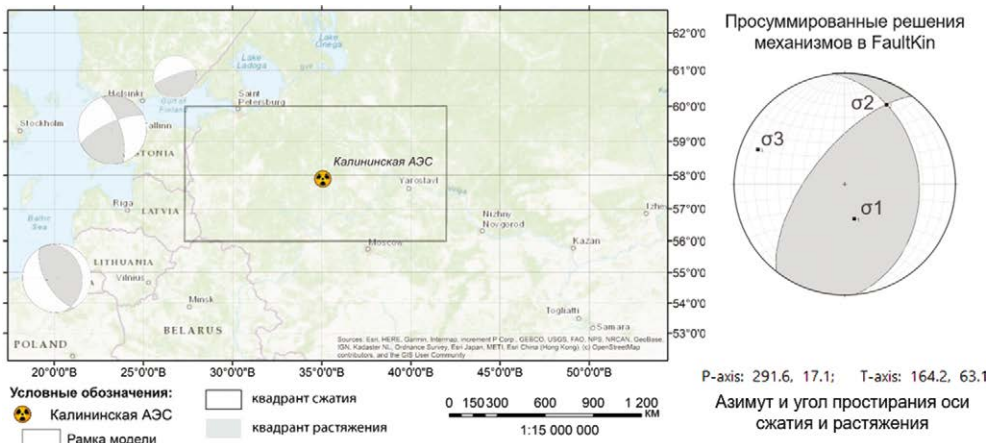


Рис. 2. Результат анализа механизмов землетрясений.  
 Fig. 2. Earthquake mechanism analysis.

Входные данные позволили рассчитать с помощью уравнения Кулона–Мора основной параметр «максимального сжатия» [5]. С помощью этого показателя была построена карта напряжённого состояния вокруг Калининской атомной электростанции (рис. 3). На ней показано распределение параметра максимального сжатия и локальная ориентировка осей сжатия и растяжения.

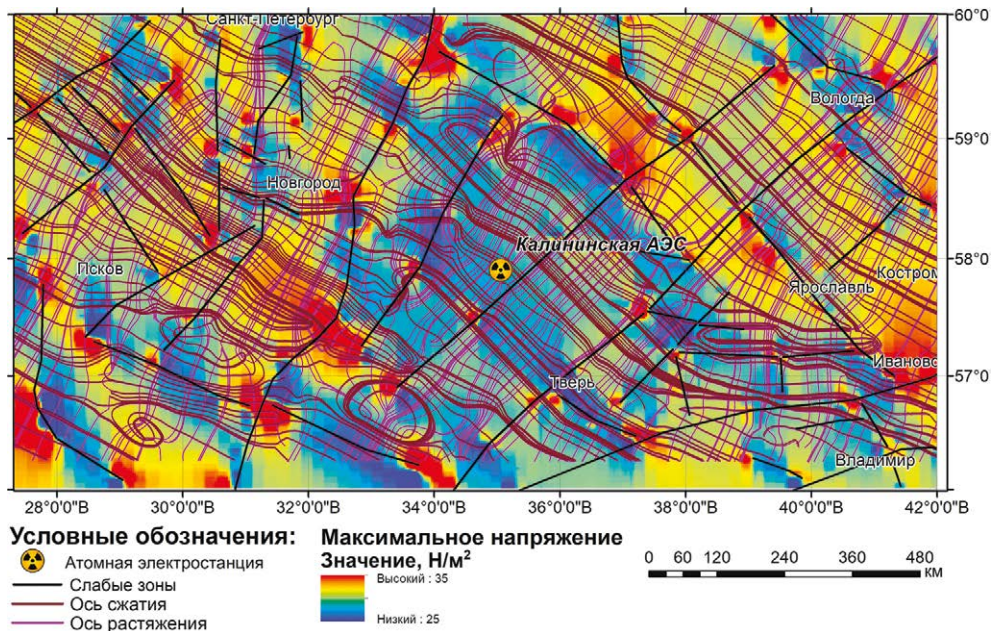


Рис. 3. Карта напряжённого состояния.  
 Fig. 3. Stress map.

Аномальные зоны с максимальным напряжением показаны красным цветом. Калининская АЭС находится вне зоны такой расцветки, она располагается в средних значениях, что говорит об относительно безопасном районе расположения электростанции.

Также в процессе расчёта геодинамической модели были получены параметры «область и вероятность появления новейших разрывов». По итогам моделирования Калининская АЭС оказалась за пределами области вероятного проявления новейших разрывов, а вероятность их появления очень мала (рис. 4).

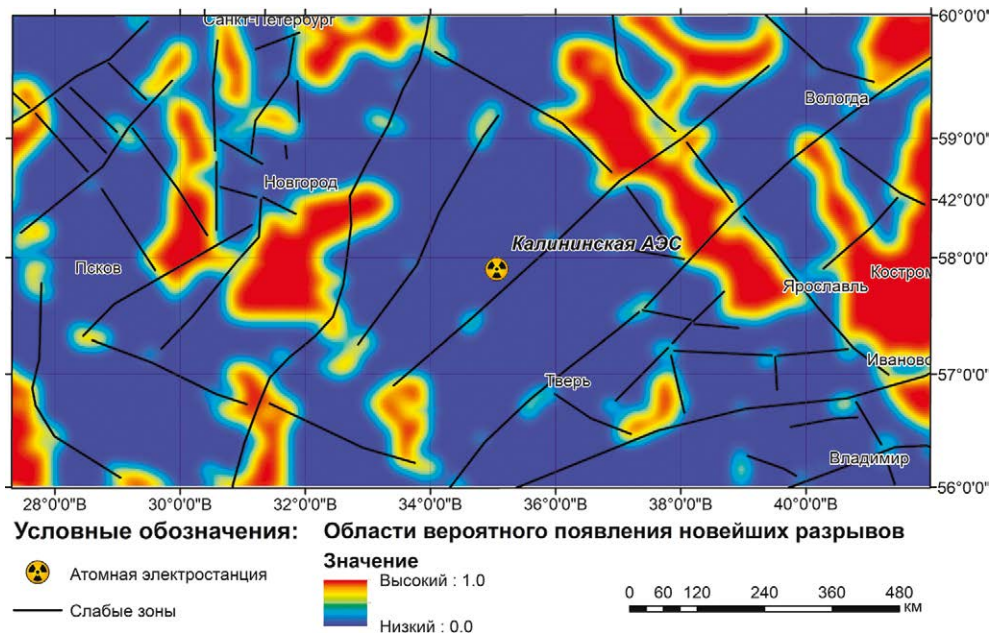


Рис. 4. Карта параметра «области вероятного проявления новейших разрывов».  
Fig. 4. Map of the parameter "areas of probable occurrence of recent ruptures".

Расчёт модели позволил определить данные перемещения по трём направлениям X, Y, Z. Эти данные были представлены в виде стрелок (параметр X, Y), которые показывают горизонтальные перемещения блоков, и цветной заливки, где отображены вертикальные перемещения (параметр Z). В результате этих расчётов была построена геокинематическая модель (рис. 5). Она показывает, что на территории есть сдвиги, и есть сдвиги в сочетании с растяжением или сжатием (транстенсия и транспрессия). Было установлено, что атомная станции находится в зоне транспрессии, т. е. сдвига с сжатием. Это является более благоприятной обстановкой по сравнению с транстенсией, например, как у Нововоронежской АЭС.

**Заключение.** Исследование территории с помощью данного комплекса методов позволило выделить слабые зоны и поднятия, определить направления осей внешнего поля напряжения. По результатам моделирования было установлено, что Калининская АЭС находится в благоприятной геодинамической обстановке, а сама станция – в зоне транспрессии. Таким образом, предлагаемый метод, основанный на структур-

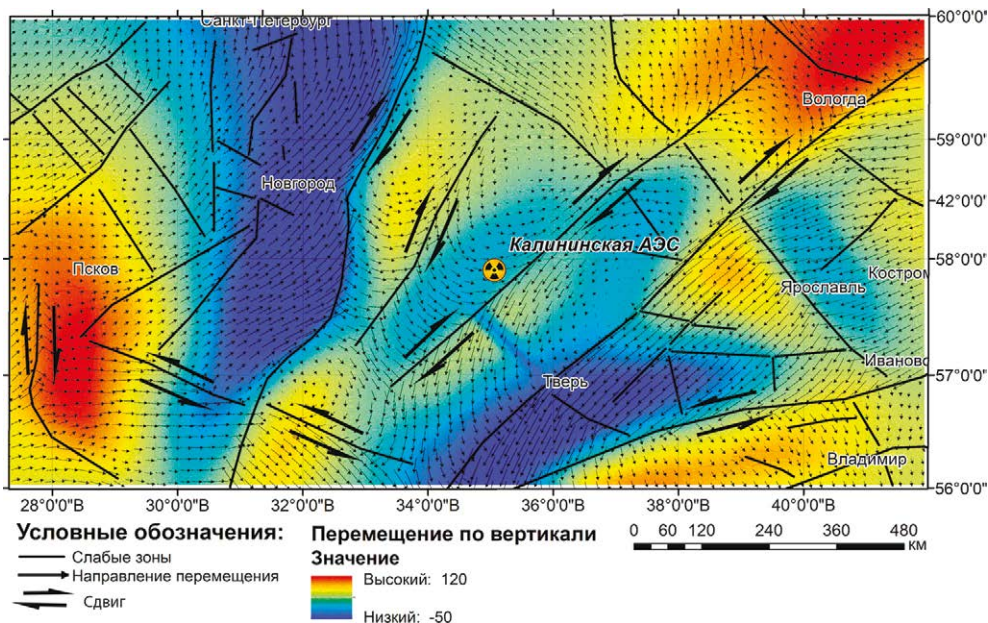


Рис. 5. Интерпретация геодинамической обстановки и кинематики разрывных нарушений в районе Калининской АЭС.

Fig. 5. Interpretation of the geodynamic conditions and kinematics of faults in the area of the Kalinin Nuclear Power Plant.

но-геоморфологическом анализе и моделировании геодинамических обстановок на платформенных территориях, позволил выявить участки повышенной сейсмической опасности в пределах местонахождения 4-х атомных электростанций [2]. Изучение западной части Восточно-Европейской платформы способствовало более углубленному пониманию геодинамических процессов на ней.

### Литература

1. Глико А.О., Левшенко В.Т., Татевосян Р.Э. Составление карты детального районирования Европейской части России и Урала для проектных и максимальных расчётных землетрясений и типового набора расчётных сейсмических воздействий для действующих, строящихся и проектируемых АЭС. Этап 9, кн. 3. М.: ИФЗ РАН, 2013. 293 с.
2. Иванов И.И., Зайцев В.А. Новейшая геодинамика западной части Восточно-Европейской платформы // Жизнь Земли. 2024. Т. 46, № 4. С. 442–454. DOI: 10.29003/m4333.0514-7468.2020\_46\_4/442-454.
3. Костенко Н. П. Геоморфология. М.: Изд-во МГУ, 1999. 379 с.
4. Макаров В.И., Макарова Н.В. Новейшие геодинамически активные зоны Восточно-Европейской платформы // Тектоника и геодинамика континентальной литосферы. М.: ГЕОС, 2003. С. 16–19.
5. Руководство пользователя «Analysis Package Reservoir Modelling System (RMS)», 2012 ([www.geodisaster.ru/index.php?page=uchebnye-posobiya-2](http://www.geodisaster.ru/index.php?page=uchebnye-posobiya-2)).
6. Структурная карта поверхности фундамента платформенных территорий СССР. Масштаб 1:5 000 000 / В.В. Семенович, Л.И. Ровнин, Н.В. Неволин, В.Ю. Зайченко, Е.В. Каркус, Г.А. Габриэлянц, К.А. Савинский. Министерство геологии СССР, 1982.

### References

1. Gliko, A.O., Levshenko, V.T., & Tatevosyan, R.E., *Compilation of a detailed zoning map of the European Russia and the Urals for design basis and maximum design earthquakes, and a standard set of design seismic impacts for operating, under-construction, and planned nuclear power plants. Stage 9, book 3* (Moscow: Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences, 2013) (in Russian).
2. Ivanov, I.I., Zaytsev, V.A., “Neogeodynamics of the Western Part of the Eastern European Platform”, *Zhizn Zemli* [Life of the Earth] **46**, no 4, 442–454 (2024). DOI: 10.29003/m4333.0514-7468.2020\_46\_4/442-454 (in Russian).
3. Kostenko, N.P., *Geomorphology* (Moscow: Publishing House of Moscow State University, 1999) (in Russian).
4. Makarov, V.I., Makarova, N.V., “Latest geodynamically active zones of the East European Platform”, *Tectonics and Geodynamics of the Continental Lithosphere* (Moscow: GEOS, pp. 16–19, 2003) (in Russian).
5. *Analysis Package Reservoir Modelling System (RMS): User Manual* (2012) (<https://www.geodisaster.ru/index.php?page=uchebnye-posobiya-2>) (in Russian).
6. Semenovich, V.V., Rovnin, L.I., Nevolin, N.V., at al. (eds.), *Structural Map of the Basement Surface of the Platform Territories of the USSR. Scale 1:5,000,000* (Moscow: Ministry of Geology of the USSR, 1982) (in Russian).