

## КВАНТОВЫЙ ТРИГГЕР: ОСОБЕННОСТИ МЕТОДОЛОГИИ И ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ

Л. М. Богомолов\*, В. Н. Сычев

*Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук, Южно-Сахалинск, Россия*

*\*E-mail: bleom@mail.ru*

В разных областях физики случается, когда возмущения, малые по своей энергии, приводят к значительным изменениям в системе. Подобные явления часто объясняются либо резонансом, либо макроскопическими проявлениями квантовых эффектов. Отсюда интерес к описанию триггерных эффектов в квантовой механике. В классической механике простейшей моделью триггерного эффекта может служить потенциальная яма очень малой глубины, соответствующая метастабильному состоянию системы. «Триггер», т.е. переход системы в другое состояние с меньшей энергией, подразумевает наличие второго минимума потенциала. В квантовой механике набор стационарных состояний с дискретными уровнями энергии реализуется даже для одной потенциальной ямы. Любое возмущение потенциала создает некоторую вероятность перехода. Но непродуктивно трактовать все эти переходы как триггерные (если оставить в стороне вопросы с кубитами). В первой части доклада рассматриваются методические вопросы, служащие основой для разграничения собственно триггерных эффектов в квантовой механике от «обычных» для микромира переходов между состояниями. Для наглядности используется одномерное приближение.

Простейшим аналогом триггерного эффекта в квантовой механике может служить переход между стационарными состояниями, вызванный резким («мгновенным») изменением потенциала, причём возмущение существенно меньше разности энергии стационарных состояний. Особое внимание уделено случаю, когда малое возмущение вносит асимметрию в форму неглубокой потенциальной ямы, из-за чего исчезает имевшийся в ней энергетический уровень, т.е. захваченная частица высвобождается, переходит в состояние с непрерывным спектром энергий. Гипотетически, это может описывать воздействие электрического поля на облако электрон-дырочных дефектов, окружающих заряженную дислокацию краевого типа и ее последующее движение. Известны эффекты воздействия магнитного поля на так называемый депиннинг дислокаций (отрыв от стопоров), обзор в [1, 2]. Макроскопически это проявляется как увеличение скорости пластической деформации (так называемая магнитопластика). В работах академика А. Л. Бучаченко обосновано, что значительный вклад в эти эффекты вносит фактор спина, из-за которого радикально меняются условия взаимодействия частиц с внешним магнитным полем [3]. Реализуется как бы «информационное», а не энергетическое воздействие. Рассмотренные одномерные модели позволяют предположить аналогичный сценарий при воздействии на нагруженные образцы геоматериалов электрических полей с напряженностью намного меньше 1–10 МВ/м (характерной для автоэлектронной эмиссии).

Характерный масштаб, на котором можно ожидать реализации подобных эффектов определяется условиями соответствия квантовомеханического импульса «частицы» (оператор  $p \sim \hbar \text{grad} \sim \hbar/L$ ) и классического импульса элементарного объема среды,  $\langle \rho \rangle v L^3$  (обозначения:  $\hbar$  – постоянная Планка,  $L$  – наименьший размер задачи,  $\langle \rho \rangle$  – плотность,  $v$  – массовая скорость среды). Для скоростей от 1 нм/с до 1 мкм/с значения  $L$  меняются от 80 до 15 нм, что соответствует характерному размеру для краевых дислокаций (совпадение с масштабом наноструктур случайно).

В завершение тезисов стоит заметить – на одной из конференций «Триггерные эффекты в геосистемах» академик В. В. Адушкин высказался, что докладами охвачены все стороны «триггеров», кроме квантовомеханических моделей. Вот и попробуем обсудить остаток.

### Литература

1. Головин Ю.И. Магнитопластичность твердых тел (обзор) // Физика твердого тела. 2004. Т. 46. № 5. С. 769–803.
2. Бучаченко А.Л. Микроволновое стимулирование дислокаций и магнитный контроль очага землетрясения // Успехи физических наук. 2019. Т. 189. № 1. С. 47–54. <https://doi.org/10.3367/ufnr.2018.03.038301>

## QUANTUM TRIGGER: SPECIFIC METHODOLOGICAL FEATURES AND THE POSSIBILITY OF USING IT IN GEOMECHANICAL MODELS

L. M. Bogomolov\*, V. N. Sychev

*Institute of Marine Geology and Geophysics, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia*

*\*E-mail: bleom@mail.ru*

There are numerical cases when perturbations of small energy but giving trigger are explained frequently either by resonance or macroscopic manifestations of quantum effects. So, effect of quantum trigger is of interest. The classical model of the trigger effect may involve a shallow potential pit with metastable state. Such a «trigger» implies the presence of a second potential minimum. In quantum mechanics, a set of stationary states is realized even for a single potential well. Any perturbation of the potential produces a certain probability of transition. But it is unproductive to treat all these transitions as trigger ones. The first part of the presentation discusses methodological issues to distinguish trigger effects in quantum mechanics. For greater clarity, a one-dimensional approximation is used.

The simplest similar pattern of the trigger effect in quantum mechanics can be the transition between stationary states caused by a sharp («instantaneous») change in potential, and the perturbation is significantly less than the energy difference between the stationary states. The simplest analogue of the trigger effect in quantum mechanics can be the transition between stationary states caused by a sharp («instantaneous») change in potential, and the perturbation is significantly less than the energy difference between the stationary states. Special attention is paid to the case when a small perturbation introduces asymmetry into the shape of a shallow potential well, which causes the inner energy level to disappear, and the trapped particle is released. Hypothetically, this could describe the effect of an electric field on a cloud of electron-hole defects surrounding a charged edge-type dislocation and its subsequent movement. The effects of a magnetic field on the so-called dislocation depinning are known, reviewed in. Macro-manifestation of this is an increase in the rate of plastic deformation. In the works of academician A. L. Buchachenko, it is proved that a significant contribution to these effects is made by the spin factor, which radically changes the conditions of interaction of particles with an external magnetic field. It is an «informational» rather than power impact to be occur. The considered one-dimensional models suggest a similar scenario when electric fields with a voltage much less than 1–10 MV/m (typical for autoelectronic emission) are applied to loaded geomaterial specimens.

The typical scale on which such effects is to occur is determined by the conditions of correspondence between the quantum mechanical momentum of the «particle» and the classical momentum of the elementary volume of the medium. For velocities from 1 nm/s to 1  $\mu$ m/s, the length L vary from 80 to 15 nm, corresponding to typical scale for edge dislocations.

Finally, it is worth noting that academician V. V. Adushkin said previously that the topical reports cover all aspects of «triggers», except quantum models. So, let's try to discuss the rest.