

УДК 550.348(436)

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ И РОТАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Погода Э.В.

*Северо-Осетинский филиал Федерального исследовательского центра
«Единая геофизическая служба Российской академии наук, Владикавказ, Россия*

Рассмотрены физические процессы природы возникновения землетрясения. Сформулированы основные аспекты возникновения землетрясений: энергетические источники, факторы возмущения динамических процессов; динамические процессы Земли, учитывающие сложные процессы движения Земли (вращение, движение по орбите и др.). Изложены некоторые вопросы прогнозирования землетрясений, а также предлагаемая процедура диагностики состояния среды.

Несмотря на длительное и во многом успешное изучение геологических процессов в верхних оболочках Земли, природа сил, приводящих к землетрясениям, а также физико-механические и ротационные процессы возникновения землетрясения до сих пор остается не решенной. В связи с этим в статье сформулированы некоторые проблемы исследований динамических процессов, в результате которых могут возникать землетрясения.

Очевидной является недостаточность изученности динамических процессов на планетарном уровне. Речь идет о сложном комплексе вращательных движений, совершаемых Землей вокруг своей оси, вокруг Солнца, совместно с Солнцем и другими планетами солнечной системы, движения вокруг центра Галактики и т. д. [1–3].

Земля, имеющая сложное неоднородное строение и процессы, представляет собой единую систему, взаимодействие в которой осуществляется в процессе ротационных движений, находящихся под воздействием различных возмущающих факторов. Рассматривая вращение Земли вокруг своей оси, а также ее обращение вокруг Солнца, важно обратить внимание на траекторию её обращения – орбиту. Как показано в некоторых работах [3, 4], любые отклонения в параметрах движения в такой сложной системе, с учетом огромной массы Земли, приводят к сложным геодинамическим процессам. Скорость этого вращения испытывает случайные и периодические изменения разных порядков. Под воздействием возмущающих факторов происходит изменение параметров [2] этих движений: изменяются скорость вращения Земли вокруг своей оси, скорость движения по орбите, параметры прецессии и нутации, а так же форма Земли. Не остается неизменной также и форма земной орбиты. Ее эллипс становится то более, то менее вытянутым. Таким образом, современная естественная сейсмичность Земли глобальная, региональная или локальная обусловлена её ротационными процессами.

Динамические процессы Земли постоянно находятся под воздействием различных источников возмущений, как внешнего, так и внутреннего характера (рисунок 1) [5].



Рисунок 1. Структура возмущений [5]

Динамические процессы Земли весьма энергоемки. В таблице приведены некоторые известные энергетические характеристики физико-механических и ротационных процессов Земли [6–10]. Совокупность источников энергии, а также факторов их возмущения определяют динамические процессы. Количество энергии и разновидности энергетических взаимодействий определяют характер упорядоченности строения и физического состояния геологических систем

Таблица. Энергетические характеристики Земли

Энергетические характеристики Земли	
Гравитационная энергия Земли	$2,5 \times 10^{32}$ Дж [9]
Энергия вращения Земли	$2,1 \times 10^{29}$ Дж [9]
Средняя мощность процесса, связанного с изменением скорости вращения Земли	$(1,6 \div 9) \times 10^{11}$ Вт [6]
Энергия, выделяемая в ядре за счет гравитационной конвекции	5×10^{28} Дж [10]
Мощность, выделяемая в ядре за счет вращающего момента, создаваемого Луной	10^7 Вт [7]
Мощность, выделяемая в ядре за счет гравитационной конвекции	$3,6 \times 10^{11}$ Вт [7]

При этом источники возмущения имеют характерные области взаимодействия с Землей и ее геосферами и другими структурами. В коллективном динамическом процессе Земли каждый ее элемент в зависимости от размеров и массы по-разному участвует в этом процессе. Во многих публикациях [11–16] убе-

дительно показано влияние источников возмущений различного характера на сейсмические процессы: солнечная активность, лунно–солнечные приливы и др. Эти результаты наблюдений получены в основном статистическими методами, что затрудняет конкретизацию механизмов взаимодействия возмущающих факторов с геодинамическими процессами и геосредой на локальном уровне для отдельных землетрясений. Взаимодействие возмущенного динамического процесса с некоторым объемом геосреды приводит к разрушению этого объема, при этом уровень энергетического воздействия на указанный объем должен превышать его прочность.

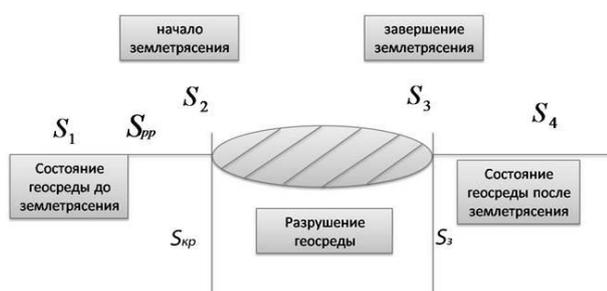


Рисунок 2. Процесс землетрясения

Процесс возникновения землетрясения можно разбить на следующие стадии: энергия и факторы возмущения динамических процессов, накопление энергии в структурах Земли, процесс разрушения некоторой части геосреды (землетрясения).

Разрушение – сложный физический процесс, характер развития которого зависит от величины и скорости приложения нагрузки, напряженного состояния среды, его прочности и структурных свойств. Прочность массивов определяется величиной критических воздействий, при которых происходит его разрушение. Эти воздействия различны для разных массивов и для разных видов приложенных нагрузок, а также зависят от кинематической схемы приложенных усилий. Они носят название пределов прочности (пределы прочности массивов при сжатии, растяжении, сдвиге, изгибе и т. д.).

Оценка прочностных свойств и механических параметров крупномасштабных массивов в условиях их естественного залегания требует развития новых представлений о геосреде как сложной многомасштабной системе, исследование которой на всех уровнях необходимо с учетом ротационных процессов [17]. Исследование закономерностей физико-механического поведения геологических сред, построение моделей и методов расчета процессов деформации и разрушения с учетом ротационных процессов имеют первостепенное значение для объяснения механизмов и условий протекания землетрясений, а также для решения задач прогноза необходимо контролировать состояние среды.

Состояние среды – это совокупность параметров среды и процессов, на всех стадиях возникновения

землетрясения (подготовки и разрушения среды), которые адекватно ответственны за рассматриваемые процессы. На рисунке 2 показаны временные моменты состояния среды, где $S_1...S_n$ – текущее состояние среды и процессов; S_{pp} – состояние среды параметров с прогностическими признаками, $S_{кр}$ – критическое состояние среды (начало разрушения), S_3 – завершение землетрясения [18].

Знание текущего состояния процесса позволяет перейти к решению прогностических задач. Информация прогностического характера о состоянии среды, по существу – информация о предвестниках землетрясений.

Всестороннее исследование процессов землетрясения может быть как теоретического, так и инструментального характера. Инструментальные исследования не решают существенную проблему, но показывают состояние среды во всех ее процессах, а также позволяют создавать модели, описывающие исследуемые взаимодействия, как на теоретическом уровне, так и в моделях гибридного плана. Когда имеется корректная модель изучаемого процесса, то подключение (в качестве входных параметров) результатов инструментальных наблюдений позволяет характеризовать текущее состояние среды и динамических процессов. Состав исследований для решения вышеизложенных проблем приведен на рисунке 3.



Рисунок 3. Состав исследования процессов землетрясения и прогнозирования

При решении задач с инструментальными исследованиями целесообразно привлечение диагностики – методов и средств, определяющих состояние процесса или объекта. Возможная структурная схема диагностики приведена на рисунке 4.

Процедура диагностики геосреды предполагает решение следующего комплекса задач: контроль параметров возмущения; выбор наблюдаемых параметров состояния среды и процессов; выбор методов и средств наблюдений; проведение непрерывных наблюдений; проведение сравнения наблюдаемых параметров с усредненными; определение параметров критического состояния среды; разработка алгоритмов и моделей для прогноза; прогноз развития процессов в геосреде.

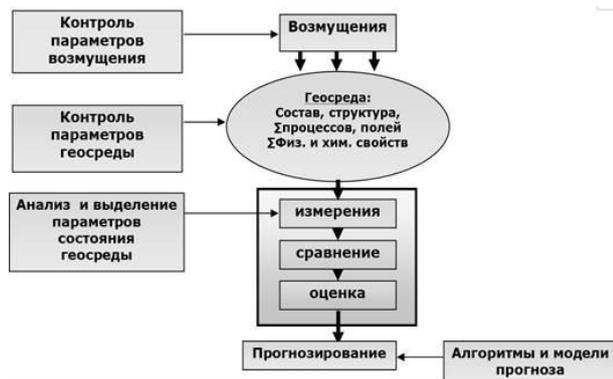


Рисунок 4. Структурная схема диагностики

Таким образом, можно сформулировать следующие выводы:

- физико-механические и ротационные процессы требуют дополнительных исследований взаимодействия структур Земли и факторов возмущения;
- дополнительные исследования позволят создать основу для прогнозирования землетрясения;
- одной из центральных задач является исследование механизма разрушения;
- исследования аспектов, изложенных в статье, относятся к многопараметрическим и многодисциплинарным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ротационные процессы в геологии и физике. - М.: КомКнига, 2007. – С. 528.
2. Вулард, Э. Теория вращения Земли вокруг центра масс / Э.М. Вулард. – М.: Физматгиз, 1963. – С. 143.
3. Дубошин, Г.Н. Справочное руководство по небесной механике и астродинамике / Г.Н. Дубошин. – М.: Наука, 1971.
4. Мельников, О.А. Определяющая роль основных ротационных геодинамических механизмов в естественной сейсмичности Земли / О.А. Мельников // Ротационные процессы в геологии и физике. – М.: 2007. – С. 439.
5. Погода, Э.В. Некоторые аспекты возникновения землетрясений / Э.В. Погода // Вестник НЯЦ РК, 2015. – вып. 4. – С. 150–152.
6. Авсюк, Ю.Н. Геофизические ограничения на модельные реконструкции природных процессов / Ю.Н. Авсюк // В сб.: Комплексные исследования по физике Земли. М.: Наука, 1989. С. 256–268.
7. Браун, Д. Недоступная Земля / Д. Браун, А. Массет. – М.: Мир, 1984.
8. Физическая энциклопедия. – 1992. – Т.3. – С. 15.
9. Кузнецов, В.В. Физика Земли / В.В. Кузнецов // Новосибирск: 2011.
10. Loper, D.E. Some thermal consequences of a gravitationally powered dynamo / D.E. Loper // J. geophys. Res, 1978. – V.83. – P. 5961–5970.
11. Авсюк, Ю.Н. Приливные силы и природные процессы / Ю.Н. Авсюк. - М.: РАН, Объединенный институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта, 1996. – С. 187.
12. Авсюк, Ю.Н. Внеземные факторы, воздействующие на тектогенез / Ю.Н. Авсюк // Фундаментальные проблемы общей тектоники. - М.: Научный мир, 2001. – С. 425–443.
13. Горькавый, И. П. О зависимости корреляции между региональной сейсмичностью Земли и неравномерностью ее вращения от глубины очагов землетрясений / Горькавый И. П. [и др.] // Физика Земли. - М.: Наука, 1999. – №10. – С. 52–66.
14. Хаин, В.Е. Цикличность геодинамических процессов: ее возможная природа / В.Е. Хаин, Э.Н. Халил. - М.: Научный мир, 2009. – 520 с.
15. Левин, Б. В. Особенности широтного распределения сейсмичности и вращение Земли / Б.В. Левин, Е.Б. Чирков // Вулканология и сейсмология. - М.: Наука, 1999. – № 6. – С. 65–69.
16. Зотеев, О.В. Геомеханика // Учебное пособие. – Екатеринбург: УГГУ, ИГД УРО РАН, 2003. – 252 с.
17. Ботвина, Л.Р. Разрушение: кинетика, механизмы, общие закономерности. – М.: Наука, 2008. – 334 с.
18. Сейсмология, инженерная сейсмология»: Материалы VI Международная конференции, Баку, 29–31 мая 2014. –107 с.

ЖЕРСІЛКІНУЛЕРДІ БОЛЖАУЫН АНЫҚТАЙТЫН ФИЗИКА-МЕХАНИКАЛЫҚ ПРОЦЕССТЕРІ

Погода Э.В.

*«Ресей ғылым академиясының Бірыңғай геофизикалық қызметі»
федераль зерттеу орталығының Солтүстік-Осетия филиалы, Владикавказ, Ресей*

Жерсілкінулер пайда болу тегінің физикалық процесстері қарастырылған. Жерсілкінулер пайда болудың негізгі аспектілері тұжырымдалған: энергетикалық көздері, Жер қозғалудың күрделі процесстерін (айналу, орбита бойынша қозғалыс ж. б.) есепке алатын Жердің динамикалық процесстері. Жерсілкінулерді болжаудың кейбір мәселелері баяндалған, сондай-ақ ортаның жай-күйін диагностикалаудың ұсынылған процедурасы.

**PHYSICAL AND MECHANICAL PROCESSES
DETERMINING THE EARTHQUAKE PREDICTION**

E.V. Pogoda

*North-Ossetian Branch of Federal Research Center United Geophysical Service
of the Russian Academy of Sciences, Vladikavkaz, Russia*

The physical processes of the origin of the earthquake were considered. The main aspects of earthquake occurrence were formulated. These include: energy sources, factors of perturbation of dynamic processes; dynamic processes of the Earth that take into account complex processes of the Earth's motion (rotation, motion along the orbit, etc.). Some issues of earthquake prediction are outlined, as well as a procedure for diagnosing the state of the environment.