

ББК 26.323  
Т 67  
УДК 549.903.55(1)

**Тектоника складчатых поясов Евразии: сходство, различие, характерные черты новейшего горообразования, региональные обобщения. Материалы XLVI Тектонического совещания Том I. М.: ГЕОС, 2014. - 287 с.  
ISBN 5-89118-649-1**

Материалы совещания опубликованы при финансовой поддержке  
Российского фонда фундаментальных исследований  
по проекту № 13-05-06201

Ответственные редакторы  
*К.Е. Дегтярев, Н.Б. Кузнецов*

*На 1-ой странице обложки: Деформации юрско-меловых отложений на западном берегу Грен-фьорда, о. Западный Шпицберген. Фото Э.В.Шипилова.*

© ГИН РАН, 2014  
© ГЕОС, 2014

**Е.В. Артюшков<sup>1</sup>, П.А. Чехович<sup>2</sup>**

### **Механизмы новейших поднятий коры в фанерозойских и докембрийских складчатых поясах**

На основной части площади континентов земная кора образована складчатыми сооружениями докембрия и фанерозоя. В отдельные эпохи эти структуры испытывали интенсивные поднятия, во многих местах приводившие к образованию горных сооружений. Данный процесс широко проявился, в частности, в плиоцен-четвертичное время, когда в большинстве континентальных областей произошло резкое ускорение восходящих движений. В результате за несколько миллионов лет на дрейфующих континентах сформировалось большинство современных положительных форм рельефа. Амплитуда новейших поднятий изменяется в широких пределах: от первых сотен метров на Восточно-Европейской и Северо-Американской платформах до нескольких километров в Африке и Центральной Азии, достигая 4–5 км на Памире, в Тибете и Гималаях [1 и др.].

Согласно широко распространенным представлениям, горные сооружения и высокие плато образуются в результате сильного сжатия коры вблизи активных конвергентных границ между литосферными плитами [2 и др.]. Такие области в современную эпоху занимают, однако, лишь очень небольшую часть общей площади континентов. Крупные новейшие поднятия коры произошли главным образом во внутриплитных областях, где сильное сжатие коры с формированием складчатых поясов давно закончилось. Во многих областях поднятия проявились на докембрийской литосфере, занимающей 70% площади континентов, где сжатие завершилось  $\geq 0.5$  млрд лет назад. Так, например, крупные новейшие поднятия коры произошли в Восточной Сибири и на основной части площади Африканского и Австралийского континентов, в Гренландии и в Восточной Антарктиде. Новейшие поднятия с амплитудами до нескольких километров и более, не сопровождавшиеся большими горизонтальными деформациями литосферы, широко про-

<sup>1</sup> Институт физики Земли РАН

<sup>2</sup> Музей земледования МГУ

архейского океана Салма в 2.88–2.87 млрд лет назад; и завершилось сбросом напряжения и раскрытием субдукционного окна за счет растягивающих напряжений спредингового центра. Субдукционное окно существовало на протяжении достаточно длительного периода 2.87–2.82 млрд лет и определяло развитие широкого ареала мантийного мафического и корового кислого магматизма до того момента, пока не возобновились субдукционно-коллизийные процессы 2.82 млрд лет назад.

### Литература

1. Fisher D., Byrne T. Structural evolution of underthrust sediments, Kodiak Islands, Alaska // *Tectonics*. 1987. V. 6. P. 775–793.
2. Cowan D.S. Do faults preserve a record of seismic slip? A field geologist's opinion // *Journal of Structural Geology*. 1999. V. 21. P. 995–1001. doi: 10.1016/S0191-8141(99)00046-2.
3. Spray J. Pseudotachylyte controversy: fact or friction? // *Geology*. 1995. V. 23. P. 1119–1122. doi: 10.1130/0091-7613(1995)0232.3.CO;2.
4. Травин В.В., Степанов В.В., Докукина К.А. Геология и полезные ископаемые Карелии. 2005. Вып. 8. С. 40–49.
5. Ramsay J.G., Huber M.I. The Techniques of Modern Structural Geology. V. 2. Folds and Fractures. London, 1987. P. 309–700.
6. Dokukina K.A., Kaulina T.V., Konilov A.N., Mints M.V., Van K.V., Natapov L.M., Belousova E.A., Simakin S.G., Lepshina E.N. Archaean to Palaeoproterozoic high-grade evolution of the Belomorian eclogite province in the Gridino area, Fennoscandian Shield: geochronological evidence // *Gondwana Research*, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gr.2013.02.014>
7. Слабунов А.И., Володичев О.И., Скублов С.Г., Березин А.В. // Докл. РАН. 2011. Т. 437. № 2. С. 238–242.
8. Mints M.V., Dokukina K.A., Konilov A.N. The Meso-Neoproterozoic Belomorian eclogite province: Tectonic position and geodynamic evolution // *Gondwana Research*, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gr.2012.11.010>.

**А.А. Долгая, Д.Р. Акманова, А.В. Викулин<sup>1</sup>**

### О периодичности геодинамического процесса

Сейсмичность и вулканизм как процессы планетарного масштаба взаимосвязаны [9]. Большая часть всех землетрясений, в том числе и

<sup>1</sup> Институт Вулканологии и Сейсмологии (ИВиС) ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, Россия

самые сильные располагаются в пределах тектонически активных поясов, вблизи таких поясов расположены и самые активные вулканы мира.

Исследование временных закономерностей проводилось на основании базы данных о сильнейших землетрясениях (за 4 тыс. лет,  $6.0 \leq M \leq 9.5$ ,  $N \approx 10000$ ) и извержениях вулканов планеты (за 12 тыс. лет,  $1 \leq W \leq 7$ ,  $N \approx 7000$ ). В качестве энергетической характеристики извержений используется  $W$  – индекс вулканической активности, численные значения которого  $W = 1, 2, \dots, 5, \dots, 7$  соответствуют объемам выброшенного материала  $10^{-(4-5)}, 10^{-3}, \dots, 1, \dots, 10^2 \text{ км}^3$ .

Исследование проводилось с помощью двух методов. Метод спектрального анализа временных рядов заключается в решении задачи линейной множественной регрессии с помощью преобразований Фурье. Метод спектрально-корреляционного анализа основан на равносильности представления функций во временной и частотной областях с помощью преобразований Фурье [6]. Спектрально-корреляционный анализ временных рядов также содержит в себе формулы преобразований Фурье, однако при этом выявляемые периоды проверяются на достоверность посредством проверки гипотезы о «белом шуме».

С помощью специально разработанной авторами информационно-вычислительной системы [1] были проанализированы каталоги сейсмических и вулканических событий. В ходе вычислительных экспериментов исследуемая исходная совокупность данных проверялась на устойчивость выявляемых для нее периодов с помощью формирования различных выборок: изменялся энергетический и временной диапазон участвовавших в эксперименте рядов данных. В результате было выявлено большое число различных периодов сейсмического и вулканического процесса, однако наибольший интерес представляют повторяющиеся значения периодов, выявляемые при различных условиях проведения вычислительного эксперимента. Аналогичный метод проверки на устойчивость выявленных периодов применен в работе [7] при исследовании временных закономерностей вулканической активности Курильской островной дуги.

Методом спектрального анализа (Фурье-анализа) выявляются периоды в диапазоне от 3 до 500 лет для сейсмического процесса и от 60 до 800 лет для вулканического. Периоды, полученные в результате применения метода спектрально-корреляционного анализа временных рядов (СКАВРя) лежат в пределах от 6 до 4100 лет для землетрясений и от 100 до 4500 лет для извержений вулканов.

Анализ выявленных «сейсмических» периодов показал, что все значения периодов можно разделить на две совокупности с различными по



«структуре» гармониками. Периоды первой группы имеют небольшие значения  $T_{C1} \approx 3, 6, 24, 30$  лет, кратные  $T_{01} = 3$  и/или 6 гг., и могут быть связаны с фор-афтершоковыми процессами и соответствующими им структурами внутри очагов сильнейших в смысле [2] землетрясений. Ко второй группе относятся «сейсмические» периоды  $T_{C2} \approx 220, 420, 650, 1000$  и  $2000$  лет с кратным с  $T_{02} \approx 200-250$  лет. Граница между выявленными группами проходит на примерно  $T_C = 60-100$  гг. и соответствует значительным изменениям в структуре гармоник периодов  $T_{C1} < T_C$  и  $T_{C2} > T_C$ .

Приведенные нами данные, в целом, подтверждают результаты, полученные ранее авторами и другими исследователями [5, 8]. Согласно обзору [2, с. 17] период, равный 200 годам, был выделен на сейсмологическом материале Новой Зеландии, для жолоба Нанкай были выявлены характерные периоды, равные 600 и 1200 годам; для Армении выделяется период «общей продолжительностью 800-950 лет, сейсмоактивная часть которого охватывает около 600 лет», для землетрясений Турции – выделяется период продолжительностью 250-300 лет, для Китая выделены периоды продолжительностью 240-280 и около 1000 лет.

В результате анализа данных о периодах вулканического процесса для всех изучаемых совокупностей данных выявлены общие периоды  $T_B \approx 62, 220, 450, 1000, 1400, 2000$  и  $3300$  лет, которые согласуются с полученными авторами ранее результатами [4]. Приведенные данные подтверждают вывод, сделанный в работе [8], о наличии, среди прочих, 60-летнего цикла повторяемости извержений.

Согласно данным [3] выявленные периоды наблюдаются в извержениях как одного вулкана, так и нескольких, расположенных в пределах одного региона. Так, извержения вулкана Кракатау (Индонезия) в 416 и 1883 гг. произошли с интервалом в 1467 года, извержения вулкана Паго (Папуа Новая Гвинея) в 1370 г. до н.э. и 710 г. н.э. – с периодом в 2080 лет. Вулкан Пинатубо (Филиппины) извергался в 1050 г. до н.э. и 1991 г. н.э. – с периодом 3041 год, вулканы Амбрим (Новые Гибриды) в 50 г. и Кувае (Новые Гибриды) в 1452 г. – с периодом в 1402 года, вулканы Кагуяк (Аляска) в 415 г. и Новарупта (Аляска) в 1912 г. – с периодом в 1497 лет. Интервал между извержениями вулканов Ксудач и Опа-ла (Камчатка) составляет 370 лет.

Полученные данные позволяют общими для сейсмического и вулканического процесса считать следующие периоды:  $T_0 \approx 250 \pm 25$ ,  $2T_0 \approx 450 \pm 50$ ,  $4T_0 \approx 1000 \pm 100$  и  $8T_0 \approx 2000 \pm 200$ , что представляется неслучайным и может являться подтверждением следующего вывода: сейсмичность и вулканизм являются проявлениями единого волнового гео-

динамического процесса. Необходимо отметить, что все общие значения периодов относятся ко второй группе периодов сейсмического процесса ( $T_{C2} > T_C$ ). Малые значения периодов вулканического процесса выявлены не были, что может быть обусловлено отсутствием (или невозможностью регистрации) «короткопериодной» стадии вулканического процесса, которая в случае ее выявления могла бы быть аналогом фор-афтершокового сейсмического процесса.

Необходимо отметить, что анализ мирового сейсмического и вулканического каталога показал наличие общего периода  $\approx 125$  лет, близко  $1/2T_0$ . Наличие только четных гармоник может являться очевидным следствием замкнутости активных поясов планеты «друг на друга».

Сравнение между собой периодов сейсмического и вулканического процессов в пределах каждого региона показало высокую степень соответствия в значениях периодов для окраины Тихого океана и Альпийско-Гималайского пояса.

Таким образом, приведенные данные доказывают, что периодичность является характерным свойством сейсмической и вулканической активности как Земли в целом, так и отдельных ее регионов, а близость выявляемых периодов обоих процессов свидетельствует об их взаимосвязи и подтверждает вывод о том, что сейсмичность и вулканизм являются проявлениями единого волнового геодинамического процесса [3, 9].

Итак, результаты проведенного исследования можно сформулировать следующим образом:

1. Сейсмический и вулканический процессы являются периодическими (квазипериодическими).
2. Сейсмический и вулканический процессы взаимосвязаны и являются, по сути, отражениями единого геодинамического процесса.
3. Наличие общих для сейсмичности и вулканизма только четных гармоник является очевидным «математическим» следствием взаимозамкнутости активных поясов планеты друг на друга.

Сформулированные выводы имеют фундаментальное значение при моделировании геодинамических процессов, протекающих в пределах активных поясов Земли и вблизи них.

Работа выполнена при поддержке гранта ДВО РАН 12-III-A-08-164, гранта РФФИ 12-07-31215.

#### Литература

1. Анкваб А.А., Долгая А.А. Моделирование периодичности сейсмического и вулканического процессов // 16-я Российская научно-практическая конференция

«Инжиниринг предприятий и управление знаниями»: сборник научных трудов. Моск. госуд. ун-т экономики, статистики и информатики. Москва, 2013. С. 339–342.

2. Викулин А.В. Физика волнового сейсмического процесса. Петропавловск-Камчатский: Из-во КГПУ, 2003. 151 с.

3. Викулин А.В., Мелекесцев И.В., Акманова Д.Р. и др. Информационно-вычислительная система моделирования сейсмического и вулканического процессов как основа изучения волновых геодинамических явлений // Вычислительные технологии. 2012. Т. 17, №3. С. 34–54.

4. Викулин А.В., Акманова Д.Р., Осипова Н.А. и др. Периодичность катастрофических извержений и их миграция вдоль окраины Тихого океана // ВЕСТНИК КамчатГТУ. 2009. № 10. С. 7–16.

5. Викулин А.В., Акманова Д.Р., Осипова Н.А. и др. Повторяемость сильных землетрясений и миграции их очагов вдоль сейсмического пояса // ВЕСТНИК КамчатГТУ. 2009. № 10. С. 17–25.

6. Витязев В.В. Спектрально-корреляционный анализ равномерных временных рядов. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2001. 48 с.

7. Тихонов И.Н., Рыбин А.В., Чибисова М.В. Некоторые закономерности времени возникновения сильных извержений вулканов Курильской островной дуги // Лигосфера, 2011. № 3. С. 134–143.

8. Хаин В.Е., Халилов Э.Н. Пространственно-временные закономерности сейсмической активности. Бурнас: SWB, 2008. 304 с.

9. Vikulin A.V., Akmanova D.R., Vikulina S.A., Dolgaya A.A. Migration of seismic and volcanic activity as display of wave geodynamic process // Geodynamics & Tectonophysics. 2012. V. 3, Issue 1. P. 1–18.

**А.Л. Дорожко, В.М. Макеев, Е.А. Карфидова<sup>1</sup>**

### **Неотектоника Москвы**

Территория Москвы, так же как и любого другого активно развивающегося мегаполиса, является ярким примером постоянного взаимодействия человека с геологической средой. Очевидно, что наиболее востребованы рельеф и верхняя часть геологического разреза, которые, прежде всего, являются результатом самого молодого новейшего тектонического этапа эволюции Земли. Эти отложения служат основанием для различного рода инженерных сооружений, они в наибольшей мере испытывают техногенное воздействие и загрязнение. Одновременно они выполняют функцию защиты от загрязнения более глубоко залегающих слоев геологического разреза. С этой точки зрения исследова-

<sup>1</sup> Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН (ИГЭ РАН), Москва, Россия

ние верхней части геологического разреза города является актуальной и насущной проблемой.

Первые и основные работы по неотектонике и структурной геоморфологии территории Москвы были проведены в конце 90-х годов В.И. Макаровым, В.И. Бабаком, Е.А. Гаврюшовой, И.Н. Федониной и др. [1, 2]. В результате этих работ была составлена структурно-геоморфологическая карта территории Москвы м-ба 1:50 000. Она построена на принципах разноранговости и разновозрастности форм рельефа, отражающих интенсивность и направленность движений блоковых структур. В конце 2000-х годов, в рамках программы «Крупномасштабное геологическое картирование территории Москвы» в ИГЭ РАН была создана структурно-геодинамическая карта м-ба 1:25 000 как аналитическая для инженерно-геологического районирования Москвы (рис. 1). Для выделения инженерно-геологических массивов (ИГМ) использован принцип связи отложений с формами рельефа: 1) аллювий пойм, первых и вторых террас отнесен к долинному комплексу (фон 1, 2); 2) водно-ледниковые отложения, включая Ходынскую террасу, причислены к склоновому комплексу (фон 3); 3) моренные отложения возвышенностей отнесены к водораздельному комплексу (фон 4, 5, 6). Долинный, склоновый и водораздельный комплексы отнесены к ИГМ второго ранга. ИГМ первого ранга – главные неотектонические поднятия и опускания. Для этих карт современный рельеф является базовым.

В продолжение этой работы были проведены исследования по выявлению разновозрастных неотектонических деформаций и структурных планов другим, независимым от рельефа методом. Для этого использовалась поверхность коренных (дочетвертичных) отложений м-ба 1:10 000, построенная в ИГЭ РАН по данным более чем 85 тыс. скважин. Структурно-геоморфологический анализ этой поверхности, так же как анализ строения толщи четвертичных отложений, позволили выделить два неотектонических структурных плана исследуемой территории и определить возраст каждого из них.

Погребенная поверхность дочетвертичных отложений вырабатывалась в результате тектонических, денудационных и эрозионно-денудационных процессов в течение длительного времени, начиная с позднего мела и до раннего неоплейстоцена, когда она была перекрыта ледниковыми и водно-ледниковыми отложениями сетуньского, а затем донского оледенений. Это время характеризуется очень медленным поднятием и выравниванием территории с образованием обширного ступенчатого пенеплена. В раннем плейстоцене он подвергается дифференцирован-



Научное издание

**ТЕКТОНИКА  
СКЛАДЧАТЫХ ПОЯСОВ ЕВРАЗИИ:  
СХОДСТВО, РАЗЛИЧИЕ, ХАРАКТЕРНЫЕ  
ЧЕРТЫ НОВЕЙШЕГО ГОРООБРАЗОВАНИЯ,  
РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОБОБЩЕНИЯ**

Материалы XLVI Тектонического совещания

Том 1

Подписано к печати 10.01.2014.  
Формат 62х94 1/16. Бумага офсет № 1, 80 г/м<sup>2</sup>.  
Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Уч.-изд. 20,0 п.л.  
Тираж 250 экз.

ООО "Издательство ГЕОС"  
125315, Москва, 1-й Амбулаторный пр., 7/3-114.  
Тел./Факс: (495) 959-35-16, (499) 152-19-14, 8-926-222-30-91.  
E-mail: geos-books@yandex.ru, www.geos-books.ru

Отпечатано с готового оригинал-макета в ООО "Чебоксарская типография № 1"  
428019, г.Чебоксары, пр. И.Яковлева, 15.



**Издательство ГЕОС**

издание и распространение  
научной литературы

Издательство ГЕОС сотрудничает  
с Российским фондом фундаментальных исследований  
и другими фондами, издает книги, брошюры любых обрезных  
форматов в твердой и мягкой обложке с черно-белыми и  
цветными иллюстрациями, полноцветные журналы и буклеты

*Издательство ГЕОС:*

- составляет сметы издательских проектов;
- готовит рукописи к изданию (набор, литературное, техническое и художественное редактирование, верстку, изготовление оригинал-макетов));
- гарантирует высококачественную печать (за 1–4 недели) на лучших сортах отечественной и импортной бумаги;
- осуществляет распространение книг в России и за рубежом, рассылает их рекламу по ведущим научным учреждениям, университетам, библиотекам, книготорговым организациям!

Цены минимальные. Звоните, приходите и убедитесь!

Тел.: (495) 959-35-16, 8-926-222-30-91.

E-mail: [geos-books@yandex.ru](mailto:geos-books@yandex.ru);

[www.geos-books.ru](http://www.geos-books.ru)