

ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОГЛОЩЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН НА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЕ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ В ОБСЕРВАТОРИИ «МИХНЕВО»: ПОПЫТКА ИНТЕРПРЕТАЦИИ

И. А. Санина^{1,*}, М. В. Родкин²

¹Институт динамики геосфер имени академика М. А. Садовского Российской академии наук, Москва, Россия

²Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики Российской академии наук, Москва, Россия

*E-mail: iasanina51@gmail.com

Многолетние непрерывные наблюдения за сейсмическими событиями на малоапертурной группе (МСГ «Михнево») позволили построить ряды вариаций динамических параметров сейсмических волн в частотном диапазоне 3–9 Гц для двух трасс: Михнево–карьер Новогуровский и Михнево–карьеры в районе г. Коломны. Установленные временные тренды значений отношений максимальных амплитуд поперечных волн к продольным – $\lg(AS_{\max}/AP_{\max})$ ранее были интерпретированы в терминах геологического строения среды. Было показано [1], что систематически меньшие значения AS_{\max}/AP_{\max} по трассе Новогуровский–Михнево относительно трассы Михнево–Коломна могут быть связаны с Нелидово–Рязанской шовной зоной.

Ниже сделаны попытки более детального рассмотрения временной изменчивости величин $\lg(AS_{\max}/AP_{\max})$. Число взрывов за равные промежутки времени значительно меняется, поэтому рассматривался режим изменения величин $\lg(AS_{\max}/AP_{\max})$ в событийной шкале по времени. Сразу же отметим, что амплитуда величин AS_{\max} и AP_{\max} на обеих трассах изменяется в пределах 4–5 порядков величины, но значения отношения $\lg(AmpS_{\max}/AmpP_{\max})$ при этом не изменяются, то есть нелинейными эффектами можно пренебречь. В событийной шкале по времени оказалось возможным более детально проследить изменчивость отношений $\lg(AS_{\max}/AP_{\max})$ по трассам Новогуровский–Михнево и Коломна–Михнево.

Линейный тренд по трассе Коломна–Михнево оказался менее выраженным, но при этом выявились общие тенденции изменения анализируемых величин по обеим трассам. Отмечается сильная длиннопериодная и слабая квази-сезонная изменчивость. Длиннопериодная изменчивость $\lg(AS_{\max}/AP_{\max})$ не монотонна, с максимумами в 2013–2014 гг. и 2017–2019 гг. Амплитуда квази-сезонной изменчивости $\lg(AS_{\max}/AP_{\max})$ составляет до 5% от разброса индивидуальных значений и до трети изменчивости осредненных по времени значений $\lg(AS_{\max}/AP_{\max})$. При этом квази-сезонные изменения величин $\lg(AS_{\max}/AP_{\max})$ и скоростей GPS деформаций (по обсерватории «Михнево») [2] противофазны. Но большие значения отношения $\lg(AS_{\max}/AP_{\max})$ отвечают меньшему поглощению волн V_s , то есть, в тенденции, меньшим значениям модуля сдвига. А меньшие значения модуля сдвига отвечают бóльшей деформируемости геофизической среды. То есть, наблюдаемая связь квази-сезонной изменчивости величин $\lg(AS_{\max}/AP_{\max})$ и скоростей GPS деформаций представляется качественно понятной.

Обсудим возможную связь не сезонной изменчивости величин $\lg(AS_{\max}/AP_{\max})$ с сейсмическим режимом. Для этого отберем землетрясения с максимальным отношением размера очага к расстоянию до обсерватории «Михнево». Все эти события располагаются в южных и юго-восточных азимутах от обсерватории. Для интервала времени большего числа взрывов 2010–2020 гг. наблюдается два максимума числа таких землетрясений – в 2014 и 2018 гг. Эти интервалы отвечают отмеченным выше максимумам величин $\lg(AS_{\max}/AP_{\max})$. Предварительно можно предположить, что рост величин отношения $\lg(AS_{\max}/AP_{\max})$ отвечает временам прохода деформационных (тектонических) волн, порождаемых активизациями сейсмичности на южной границе Евразийской плиты.

В целом можно заключить, что наблюдаемые вариации отношения $\lg(AmpS_{\max}/AmpP_{\max})$ представляются естественно интерпретируемыми и позволяющими продвинуться в понимании геодинамики платформенных областей, оказывающихся не столь пассивными.

Работа выполнена в рамках гос. задания Министерства науки и высшего образования РФ (тема №125012200561-3).

Литература

1. Санина И.А., Иванченко Г.Н., Константиновская Н.Л., Усольцева О.А. Временные вариации динамических характеристик сейсмических волн и их связь с геолого-структурными условиями центра восточно-европейской платформы // Вопросы инженерной сейсмологии. 2024. Т. 51. № 4. С. 73–84.

2. Гаврилов Б.Г., Санина И.А., Константиновская Н.Л., Овчинникова О.В. Синхронные наблюдения смещения координат ГФО «Михнево» по данным GPS станции и вариаций кинематических и динамических параметров сейсмических волн // Динамические процессы в геосферах. 2024. Т. 16. № 1. С. 1–7.

TEMPORAL VARIABILITY OF SEISMIC WAVE ATTENUATION ON THE EAST EUROPEAN PLATFORM BASED ON OBSERVATIONS AT THE MIKHNEVO OBSERVATORY: AN ATTEMPT AT INTERPRETATION

I. A. Sanina^{1,*}, M. V. Rodkin²

¹*Sadovsky Institute of Geospheres Dynamics of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

²*Institute of Earthquake Prediction Theory and Mathematical Geophysics of Russian academy of sciences, Moscow, Russia*

*E-mail: iasanina51@gmail.com

Long-term continuous observations of seismic events using a small-aperture seismic array (SASA «Mikhnevo») made it possible to construct series of variations in the dynamic parameters of seismic waves in the frequency range of 3–9 Hz along two paths : Mikhnevo–Novogurovsky quarry and Mikhnevo–quarries near the city of Kolomna. The established time trends in the values of the ratios of the maximum amplitudes of shear waves to longitudinal ones – $\lg(AS_{\max}/AP_{\max})$ were previously interpreted in terms of the geological structure of the environment.

Below, attempts are made to examine the temporal variability of the $\lg(AS_{\max}/AP_{\max})$ values in more detail. The number of explosions over equal time intervals varies significantly, so the behavior of $\lg(AS_{\max}/AP_{\max})$ values on an event-based time scale was examined.

The linear trend along the Kolomna-Mikhnevo path was less pronounced, but general trends in the changes in the analyzed quantities were revealed along both paths. Strong long-period and weak quasi-seasonal variability are observed. The long-period variability of $\lg(AS_{\max}/AP_{\max})$ is non-monotonic, with maxima in 2013–2014 and 2017–2019. The amplitude of the quasi-seasonal variability of $\lg(AS_{\max}/AP_{\max})$ accounts for up to 5% of the scatter of individual values and up to a third of the variability of time-averaged $\lg(AS_{\max}/AP_{\max})$ values. Moreover, the quasi-seasonal changes in $\lg(AS_{\max}/AP_{\max})$ values and GPS deformation rates (at the «Mikhnevo» station) are out of phase. However, higher values of the $\lg(AS_{\max}/AP_{\max})$ ratio correspond to lower V_s -wave absorption; that is, they tend to correspond to lower values of the shear modulus. Lower shear modulus values correspond to greater deformability of the geophysical environment. Thus, the observed relationship between the quasi-seasonal variability of $\lg(AS_{\max}/AP_{\max})$ and GPS deformation rates appears qualitatively clear.

Let's discuss a possible connection between non-seasonal variability in $\lg(AS_{\max}/AP_{\max})$ and seismic regimes. For this purpose, we will select earthquakes with the maximum focal size to distance ratio to the «Mikhnevo» Observatory. All these events are located at southern and southeastern azimuths from the observatory. For the time interval of the largest number of explosions, 2010–2020, two peaks in the number of such earthquakes are observed – in 2014 and 2018. These intervals correspond to the noted above maxima in $\lg(AS_{\max}/AP_{\max})$. It can be tentatively assumed that the increase in $\lg(AS_{\max}/AP_{\max})$ corresponds to the transit times of deformation (tectonic) waves generated by seismic activity at the southern boundary of the Eurasian Plate.

In general, it can be concluded that the observed variations in the $\lg(AmpS_{\max}/AmpP_{\max})$ ratio appear to be naturally interpretable and allow us to advance our understanding of the geodynamics of platform regions that are not so passive.