

*П. С. Лапин<sup>1</sup>\**

## **Морфогенез центральной части Горловской впадины и оценка проявлений современного рельефообразующего процесса**

<sup>1</sup> Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, г. Новосибирск,  
Российская Федерация  
e-mail: LapinPS@ipgg.sbras.ru

**Аннотация.** В пределах центральной части Горловской впадины и её обрамления отмечается палео и современная сейсмичность. Для её оценки осуществляют мониторинг с привлечением разных геофизических методов. Мониторинг сейсмичности необходим и очень важен, но возникает другой вопрос – почему эпицентры приурочены к северо-восточной части исследуемой территории. В настоящей статье представлены результаты применения метода генетической морфологии и морфометрии для оценки проявления новейших движений и возможности использования её для объяснения мест локализации сейсмических проявлений. Результаты площадного исследования новейших движений выявили их максимальные изменения в северо-восточной части объекта исследования. Анализ серии разрезов, проведенных в крест впадины, позволил установить постепенное уменьшение разности в региональной и локальной составляющих новейших движений по направлению на северо-восток. Полученные результаты и проведенный анализ позволили объяснить проявление сейсмичности в северо-восточной части исследуемой территории. В пределах этой территории любое внешнее воздействие (сейсмичность это экстремальная составляющая эндогенного процесса) на выявленную равновесную систему (новейшие движения) приводит к проявлению сейсмичности. Равновесная система является самым слабым из всего звена при воздействии на неё внешних сил.

**Ключевые слова:** Горловская впадина, современный рельефообразующий процесс, сейсмичность

*L. P. Lapin<sup>1</sup>\**

## **Morphogenesis of the central part of the Gorlovka depression and assessment of the manifestations of the modern relief-forming process**

<sup>1</sup>Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk,  
Russian Federation  
e-mail: LapinPS@ipgg.sbras.ru

**Abstract.** Paleo and modern seismicity is noted within the central part of the Gorlovskaya depression and its framing. To assess it, monitoring is carried out using various geophysical methods. Seismicity monitoring is necessary and very important, but another question arises - why the epicenters are confined to the northeastern part of the study area. This article presents and discusses the results of applying the method of genetic morphology and morphometry to assess the manifestation of recent movements and the possibility of using it to explain the localization of seismic manifestations. The results of the areal study of the latest movements revealed their maximum changes in the northeastern part of the object of study. An analysis of a series of sections carried out in the cross basin made it possible to establish a gradual decrease in the difference in the regional and local components of the latest movements towards the northeast. The results obtained and the analysis carried out made it

possible to explain the manifestation of seismicity in the northeastern part of the study area. Within this territory, any external impact (seismicity is an extreme component of the endogenous process) on the identified equilibrium system (recent movements) leads to the manifestation of seismicity. The equilibrium system is the weakest of the entire link when exposed to external forces.

**Keywords:** Gorlovskaya depression, modern relief-forming process, seismicity

### *Введение*

Горловская впадина с геологической точки зрения достаточно хорошо изучена [1]. Центральная её часть разведана и открытым способом ведется добыча угля. Недостаточно изученным остается вопрос о её сейсмической активности. В пределах объекта исследования проводится мониторинг сейсмических событий [2, 3]. Однако в характерной для Горловской впадины сложной геолого-геофизической обстановке не выясняются причины приуроченности сейсмических событий к области с высокой их плотностью. В данном случае это северо-восточная часть исследуемой территории. В подобных условиях привлекают внимание методы оценки новейших движений, а именно методы генетической морфологии и морфометрии, которые позволяют выявлять эндогенную составляющую в развитии рельефа. Данная статья иллюстрирует возможности метода морфогенетического анализа рельефа при изучении в пределах объекта исследования пространственного размещения землетрясений.

### *Объект и методы исследования. Методика и результаты*

Объектом исследования является рельеф земной поверхности и одно из его основных свойств – эрозионно-денудационное расчленение. Это свойство оценивается на основе вычислений значений общего показателя эрозионно-денудационного расчленения рельефа, а его изменения описываются в рамках модели «выветривание-склоновые процессы-жидкий, твердый сток» [4]. Модель отражает зависимости в изменении основной морфологической триады «водораздел-склон-днище долины» и величиной жидкого и твердого стока, который формируется в пределах определённой части территории и фиксируется на её выходе в виде объема переносимого и влекомого материала.

Ранее построенная схема изменения ведущего рельефообразующего процесса [5] совмещена с геологическим строением объекта исследования (рис.1).

В пределах объекта исследования отчетливо просматривается его блоковое строение, а наибольшая интенсивность современного рельефообразующего процесса отмечается вдоль Томско-Каменского надвига. Землетрясения приурочены к высоко градиентной зоне анализируемого показателя. Такая же зона находится юго-западнее г. Белово, но в ней отсутствуют землетрясения. Для установления природы этих различий была построена серия разрезов. Они в крест пересекают Горловскую впадину и секут её с юго-запада на северо-восток. Было заложено три разреза. В разрезах анализировались не только изменения значений ведущего рельефообразующего процесса, но и рельефа земной поверхности (рис.2-4).

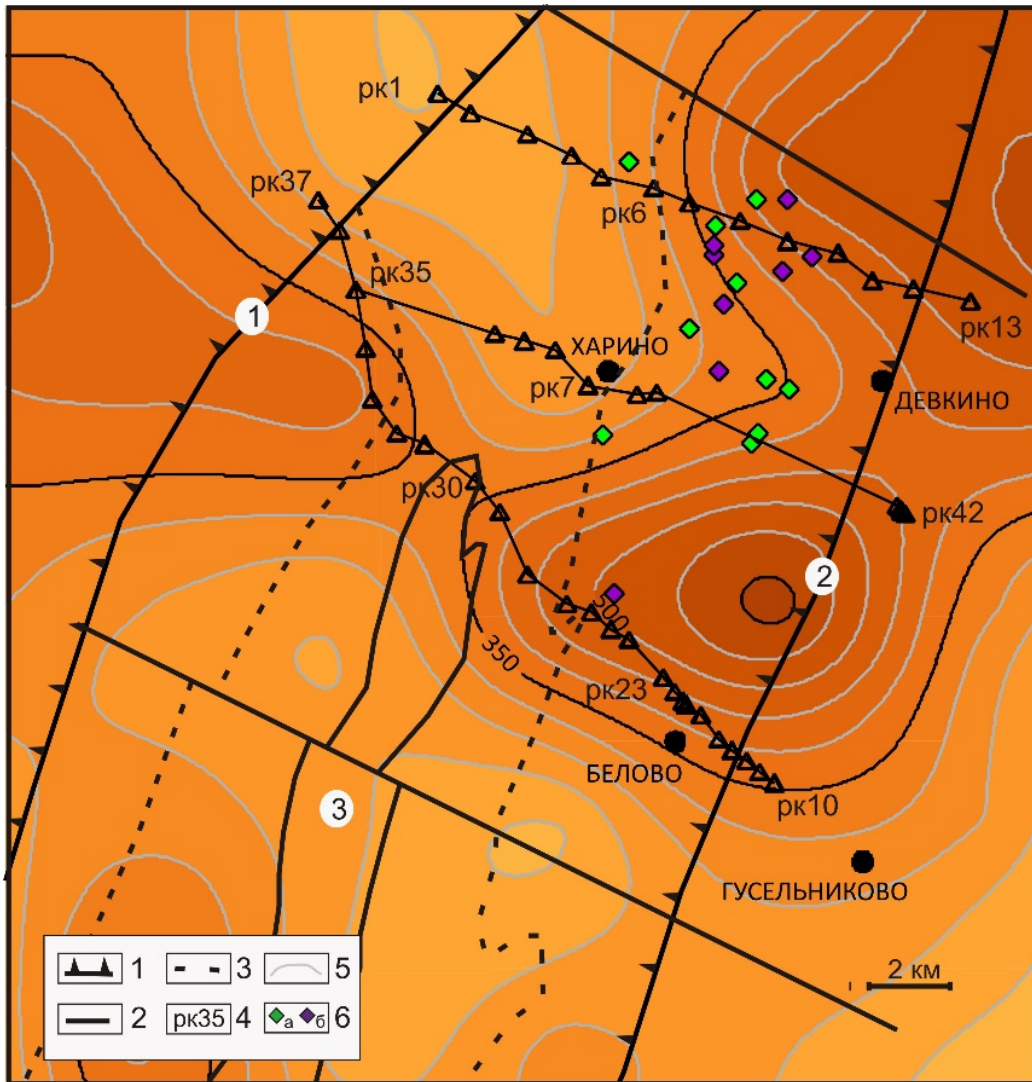


Рис. 1 Схема геологического строения центральной части Горловского прогиба и проявления ведущего рельефообразующего процесса земной поверхности  
 1 – надвиги, ограничивающие Горловский прогиб; 2 – разломы; 3- осадочное выполнение Горловского прогиба; 4 – номера пикетов по профилям; 5 – линии равных значений общего показателя эрозионно-денудационного расчленения рельефа; 5 – сейсмические события соответственно: а -2019 г., б – 2020 г. [2]. Цифрами в кружках обозначены: 1 – Каменско - Митрофановский надвиг; 2 – Томско - Каменский надвиг; 3 – Листвянская синклиналь.

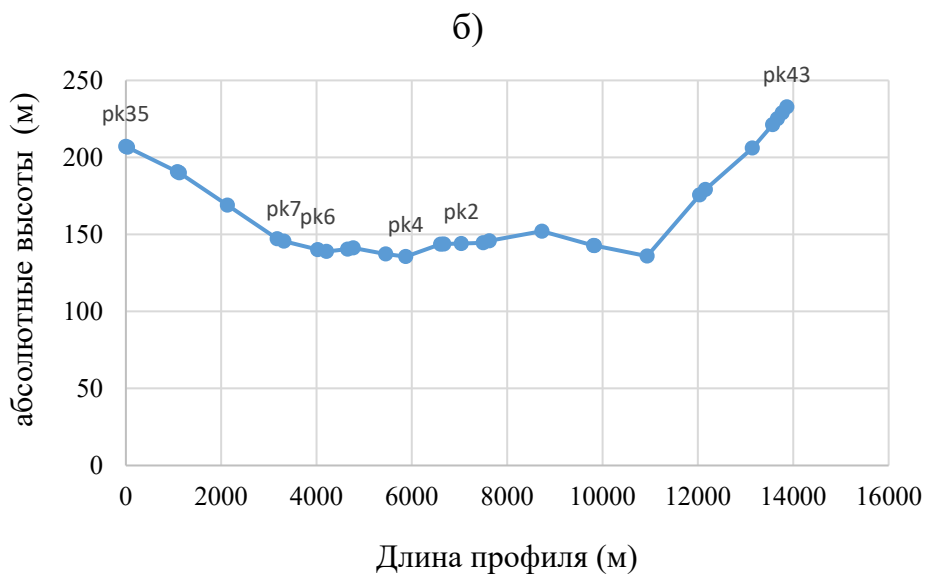
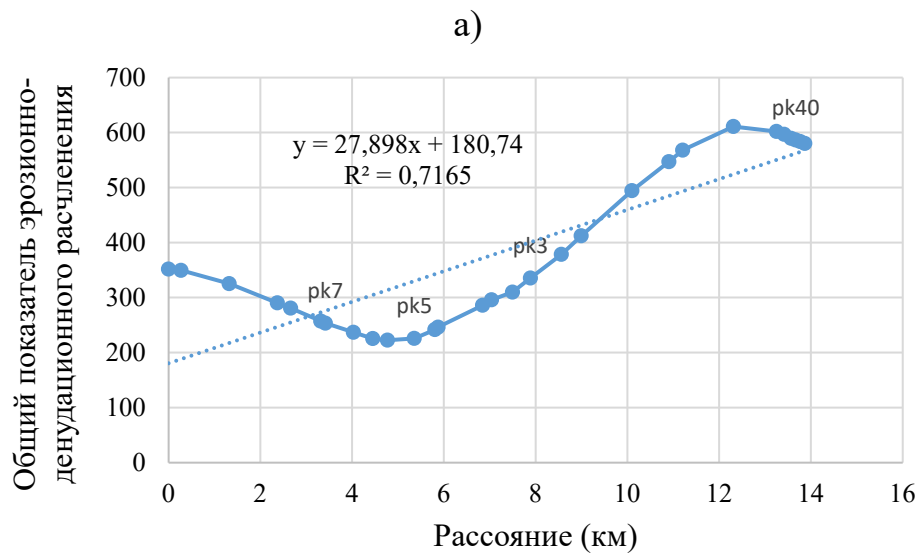


Рис. 2. Изменение рельефообразующего процесса (а) и рельефа земной поверхности (б) по профилю 1

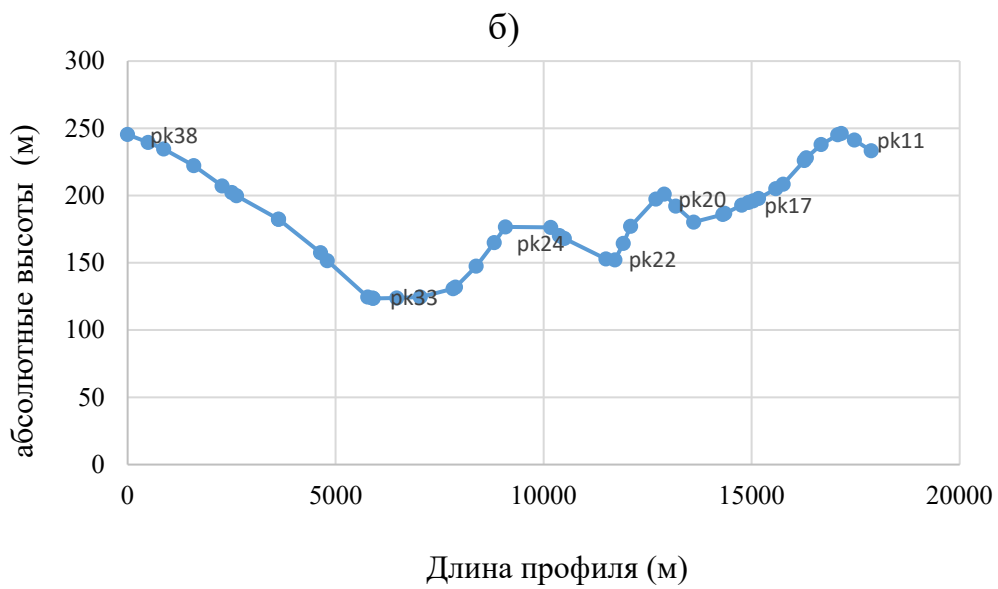
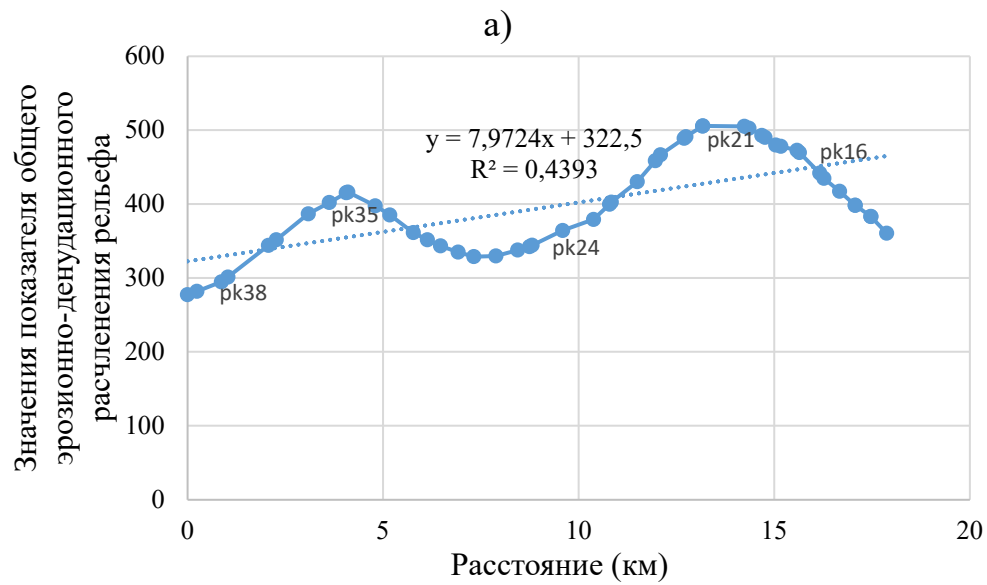


Рис. 3. Изменение рельефообразующего процесса (а) и рельефа земной поверхности (б) по профилю 2

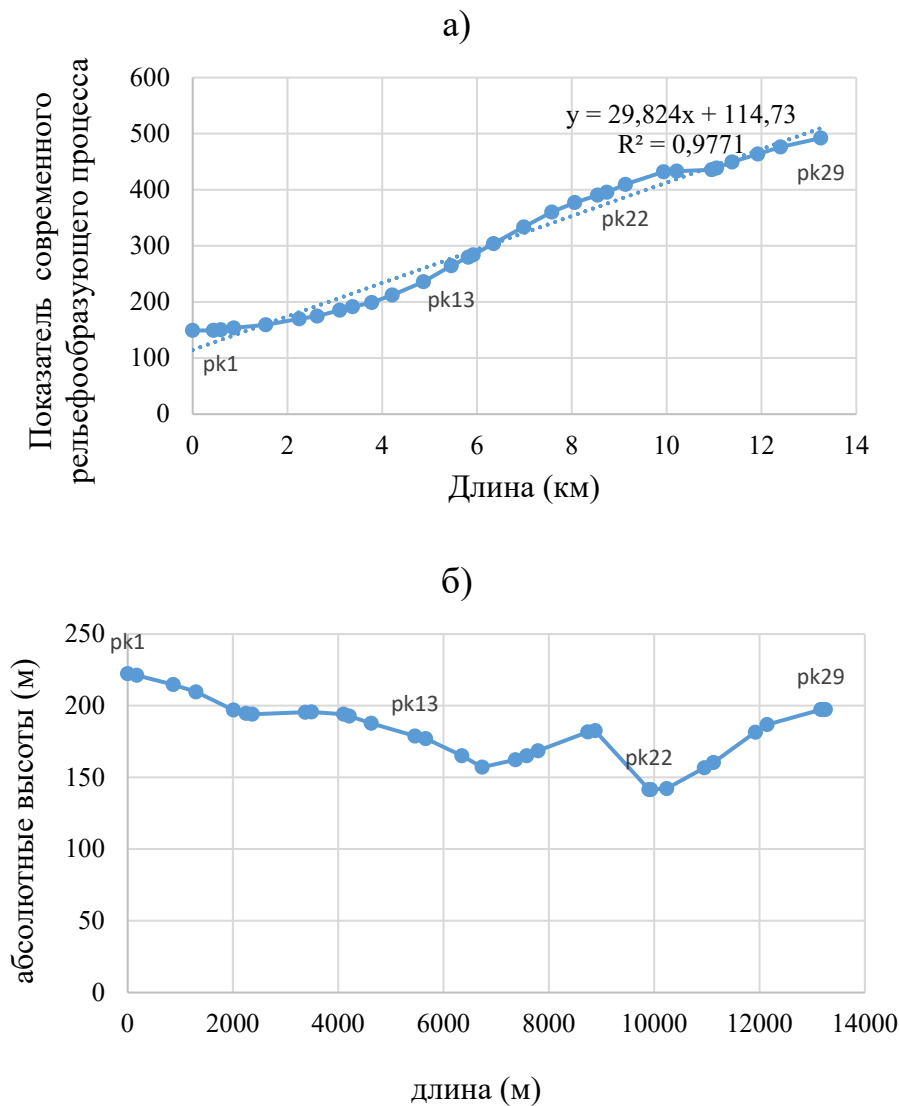


Рис. 4. Изменение рельефообразующего процесса (а) и рельефа земной поверхности (б) по профилю 3

### ***Обсуждение результатов***

Разрез современного рельефа по профилю 1 полностью отражает структуру Горловской впадины. Область Томско-Каменского надвига отчетливо фиксируется в рельефе. Дно впадины выровнено, а противоположный склон достаточно пологий. Графики рельефообразующего процесса и современного рельефа отличаются между собой, что свидетельствует о несоответствии изменений абсолютных отметок рельефа земной поверхности и современного эндогенного процесса. Это отчетливо проявляется в пределах Томско-Каменского надвига (профиль 1).

Для более детальной оценки в изменении анализируемых значений рельефообразующего процесса для всех 3 профилей была выделена региональная и локальная его составляющая. Зависимость между переменными (изменение значений эндогенного процесса по профилю) оценивалось на основе аппроксимации данных и задания эмпирической формулы. В результате выявлены региональная и локальная составляющие эндогенного процесса. Отмечено существен-

ное преобладание локальной составляющей для профилей 1 и 2, что позволило предположить большую активность эндогенного процесса в зоне Томско-Каменского и Каменско-Митрофановского надвигов. В отличие от вышеперечисленных по профилю 3 таких отличий не установлено.

Выявленные закономерности позволили оценить возможное влияние экстремальной составляющей эндогенного процесса (сейсмичность) как внешний фактор. Если внешнее воздействие произойдет в районе профилей 1 и 2, то оно, в первую очередь, приведет к сокращению различий между региональной и локальной составляющими эндогенного процесса. Эти районы будут стремиться к устойчивому подвижному равновесию. Территория в пределах профиля 3 уже находится на этой стадии и является самой уязвимой для воздействия на неё экстремальной составляющей эндогенного процесса (сейсмичности).

### *Заключение*

Методы генетической морфологии и морфометрии позволили выявить неоднородности пространственного проявления эндогенного процесса и на основании полученной информации предложен один из вариантов объяснения приуроченности землетрясений к северо-восточной части объекта исследования. Проведены комплексные исследования. Первоначально на основе анализа эндогенной составляющей в рельефе земной поверхности выявлена наиболее интенсивно развивающиеся его северная и северо-восточная части. В дальнейшем, на этапе анализа серии профилей, отражающих изменения региональной и локальной составляющих эндогенного процесса, в северо-восточной части объекта исследования была выявлена ослабленная зона. Наличие этой области и объясняет приуроченность к ней землетрясений, поскольку последние являются экстремальной составляющей эндогенного процесса.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Геологическое строение и полезные ископаемые Западной Сибири. Т. 1. Геологическое строение / Под ред. А.В. Каныгина, В.Г. Свиридова. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1999. – 228 с.
2. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Павленко О.В., Фатеев А.В., Куприш О.В., Подкорытова В.Г. Кольванское землетрясение 09.01.2019 г. с  $ML = 4.3$  и особенности наведенной сейсмичности в условиях Горловского угольного бассейна // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2019. – Т. 46. – № 4. – С. 29-45.
3. Emanov A.F., Emanov A.A., Pavlenko O.V., Fateev A.V., Kuprish O.V., Podkorytova V.G. Kolyvan Earthquake of January 9, 2019, with  $ML=4/3$  and induced seismicity features of the Gorlovsky coal basin // Seismic Instruments. – 2020. – V.56. – No3. – P. 254–268.
4. Кашменская О.В. Теория систем и геоморфология / О. В. Кашменская; Отв. ред. В. А. Николаев. – Новосибирск: Наука: Сиб. отделение, 1980. – 120 с.
5. Лапин П.С. Горловская впадина и ее обрамление: проявление современных рельефообразующих процессов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. – «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология»: Материалы XVIII международной научной конференции (г. Новосибирск, 18-20 мая 2022 г.) – Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2022 – т. 2 – № 3 – С. 40-45.

© П. С. Латин, 2023