

*П. С. Лапин\**

## **Оценка проявления современного рельефообразующего процесса в пределах Горловской впадины**

Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, г. Новосибирск,  
Российская Федерация  
\*e-mail: LapinPS@ipgg.sbras.ru

**Аннотация.** Ранее, нами были проведены морфогенетические исследования в пределах центральной части Горловской впадины и её обрамления, которые позволили объяснить проявление сейсмичности в северо-восточной части исследуемой территории, но для локализации этих проявлений требуется осуществить районирование территории. Актуальность исследования определялась необходимостью выявления особенностей эволюционного развития в рельефе земной поверхности как линейных, так и площадных структурных элементов. Эти особенности должны отражаться в неравномерности проявления новейших тектонических движений, которые позволят решать ряд практических и теоретических задач. В настоящей работе задача неравномерного проявления новейших движений решена на примере анализа надвига между Салаирской и Томь-Колыванской зонами и непосредственно Горловской впадиной как структурным элементом. Полученные результаты площадных исследований новейших движений позволили осуществить районирование и выявить область их максимальных значений, которая пересекает Горловскую впадину в северо-западном направлении. Анализ серии разрезов, проведенных в крест впадины, позволил установить различную реакцию Горловской впадины на воздействия новейших движений, которая увеличивается в северо-восточном направлении.

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

*P. S. Lapin\**

## **Assessment of the manifestation of the modern relief-forming process within the Gorlovka depression**

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS,  
Novosibirsk, Russian Federation  
\*e-mail: LapinPS@ipgg.sbras.ru

**Abstract.** Previously, we carried out morphogenetic studies within the central part of the Gorlovka depression and its framing, which made it possible to explain the manifestation of seismicity in the northeastern part of the study area, but to localize these manifestations it is necessary to carry out zoning of the territory. The relevance of the study was determined by the need to identify the features of the evolutionary development of both linear and areal structural elements in the relief of the earth's surface. These features should be reflected in the uneven manifestation of the latest tectonic movements, which will make it possible to solve a number of practical and theoretical problems. In this work, the problem of uneven manifestation of recent movements is solved using the example of analyzing the thrust between the Salair and Tom-Kolyvan zones and the Gorlovka depression itself, as a structural element. The obtained results of area studies of the latest movements made it possible to carry out zoning and identify the area of their maximum values, which crosses the Gorlovka depres-

sion in the north-west direction. Analysis of a series of sections carried out in the cross depression made it possible to establish a different response of the Gorlovka depression to the effects of recent movements, which increases in the northeast direction.

**Keywords:** Gorlovka depression, modern relief-forming process, zoning

### *Введение*

В процессе эволюционного развития рельефа происходит постоянная смена стадий его развития, что приводит к формированию новых форм. Первые идеи об эволюции рельефа были опубликованы в трудах Д. Поуэлла и М. В. Ломоносова в начале XVIII века. В настоящее время, общепризнанными являются концепции У. М. Девиса и В. Пенка о стадийном развитии рельефа с его постепенным выравниванием водоразделов «сверху» или «сбоку». Этот процесс достаточно длителен по времени и очень часто в современном рельефе отмечается отсутствие соответствий между структурными элементами и новейшими движениями. Для характеристики этих несоответствий предлагается в земной коре выявлять живые или активные разломы [1,6]. Для обнаружения активности разлома обычно используют комплекс геолого-геоморфологических, геофизических и геодезических методов. Чаще всего применяют геолого-геоморфологические методы, среди которых отдается предпочтение выявлению в зоне разлома смещений и деформаций молодых отложений и форм рельефа (русел или террас). Очень часто активные разломы являются границами активных блоков, в пределах которых может отмечаться повышенная сейсмичность. Однако, выделению последних не уделяется должного внимания. Горловская впадина не является исключением. Она с геологической точки зрения достаточно хорошо изучена [2]. В центральной её части разведаны и открытым способом ведется добыча угля. Недостаточно изученным остается вопрос о её сейсмической активности. В пределах объекта исследования проводится мониторинг сейсмических событий [3,4], но граница их проявления остается неопределённой. В настоящей работе предложен один из вариантов, исключающий эту неоднородность. Основная цель исследования состояла в выявлении в рельефе земной поверхности современного рельефообразующего процесса. При этом решались две задачи: 1) осуществить районирование изучаемой территории, и 2) проанализировать характер развития Горловской впадины как новейшей структуры.

### *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, характеризующего степень эрозионно-денудационного расчленения рельефа земной поверхности донеогеновой поверхности выравнивания. Методика была опробована на ряде геологических объектов [5]. Напомним, что общий показатель эрозионно-денудационного расчленения рельефа вычисляется как произведение двух морфометрических показателей – гу-

стоты и глубины эрозионно-денудационного расчленения рельефа. В пределах выбранного морфотипа показатель густоты характеризует длину временных и постоянных водотоков, а показатель глубины – величину вреза гидросети относительно водораздела. Морфотип, в нашем случае, – это комплексная характеристика локального представительного участка в пределах которого выделяется морфологическая триада: водораздел, склон и днище долины. В процессе развития донеогеновая поверхность выравнивания испытывает поднятие и расчленение под действием рельефообразующего процесса, который отражает результат совместной деятельности эндогенного и экзогенного процесса. Характер расчленения определяется объемом материала, который удаляется рельефообразующим процессом и оценивается с привлечением общего показателя эрозионно-денудационного расчленения. Схема, характеризующая изменения общего показателя в пределах объекта исследования показана на рис. 1. Она является основой для всех последующих построений.

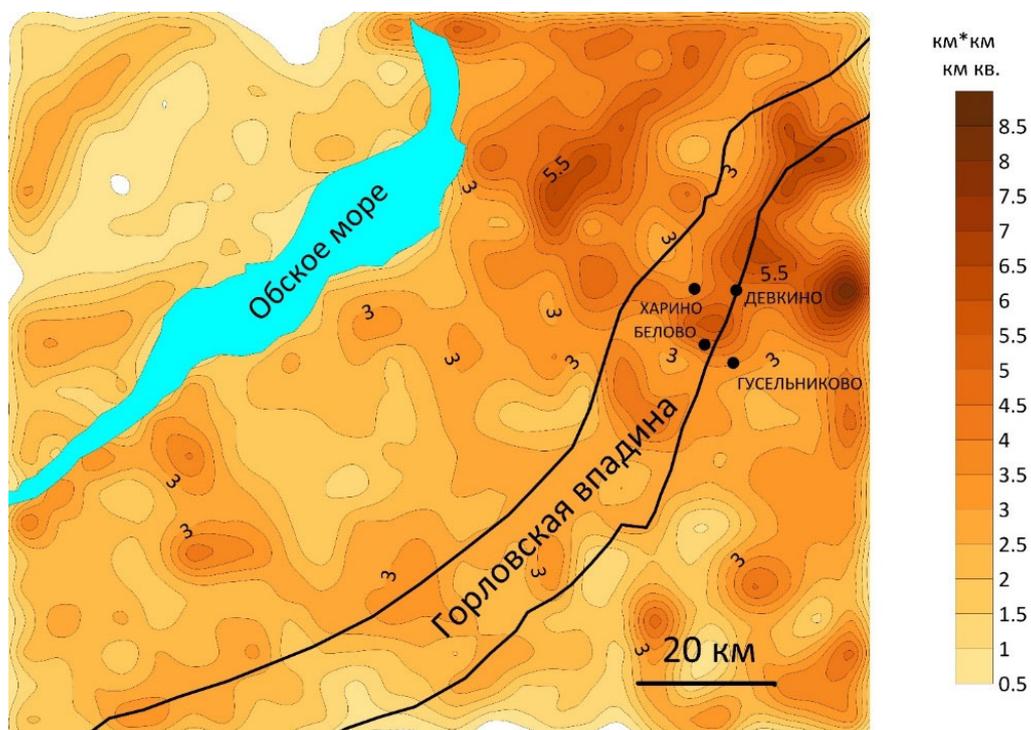


Рис. 1. Схема проявления новейших движений в пределах объекта исследования

Для решения второй задачи в пределах юго-западной части Горловской впадины была построена серия разрезов (рис. 2-4).

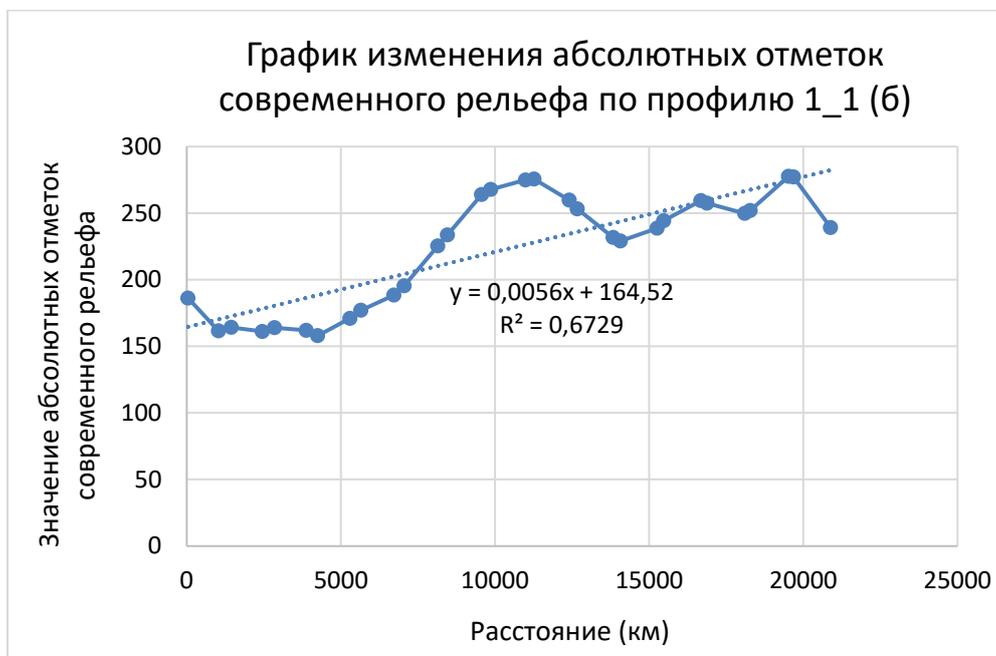
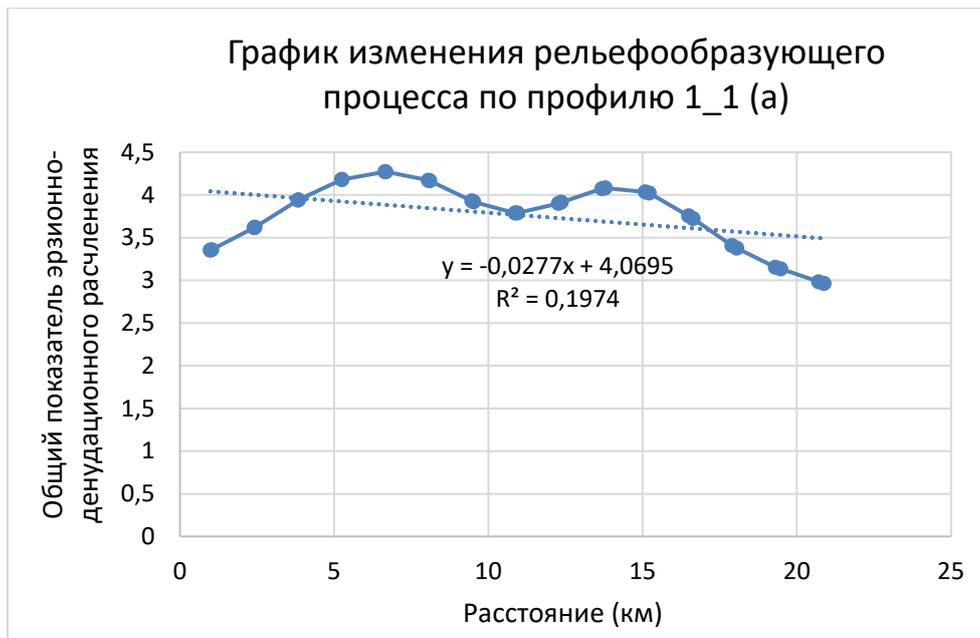


Рис. 2. Изменение рельефообразующего процесса (а) и рельефа земной поверхности (б) по профилю 1\_1

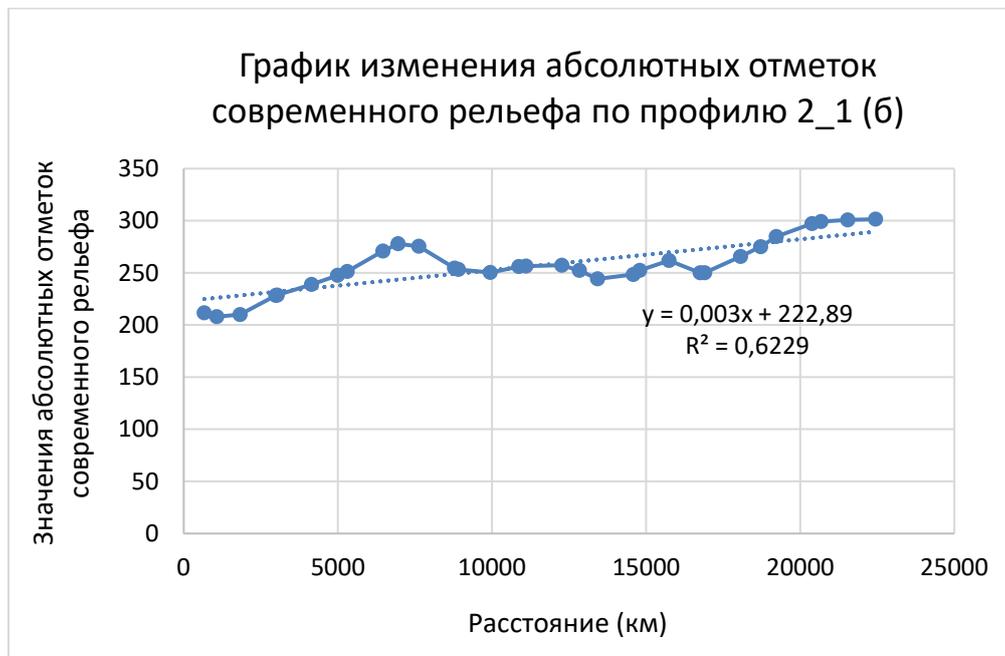
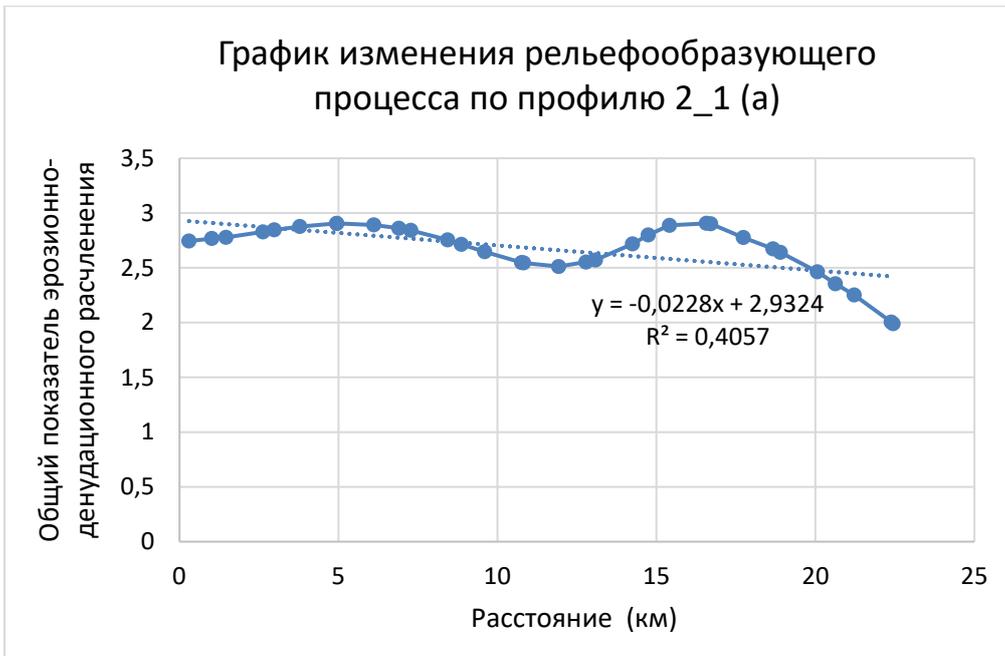


Рис. 3. Изменение рельефообразующего процесса (а) и рельефа земной поверхности (б) по профилю 2\_1

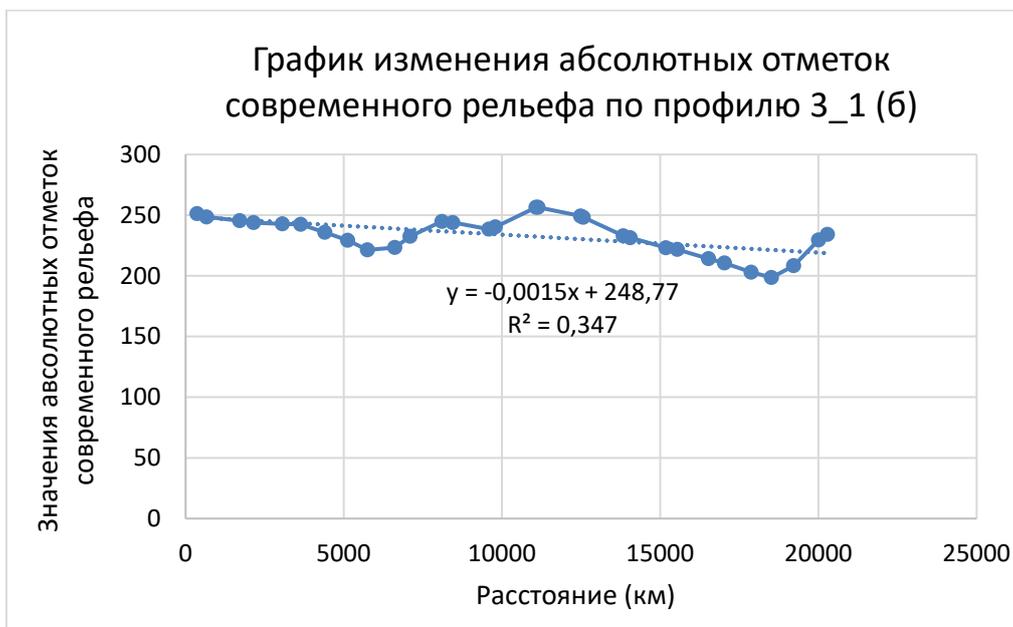
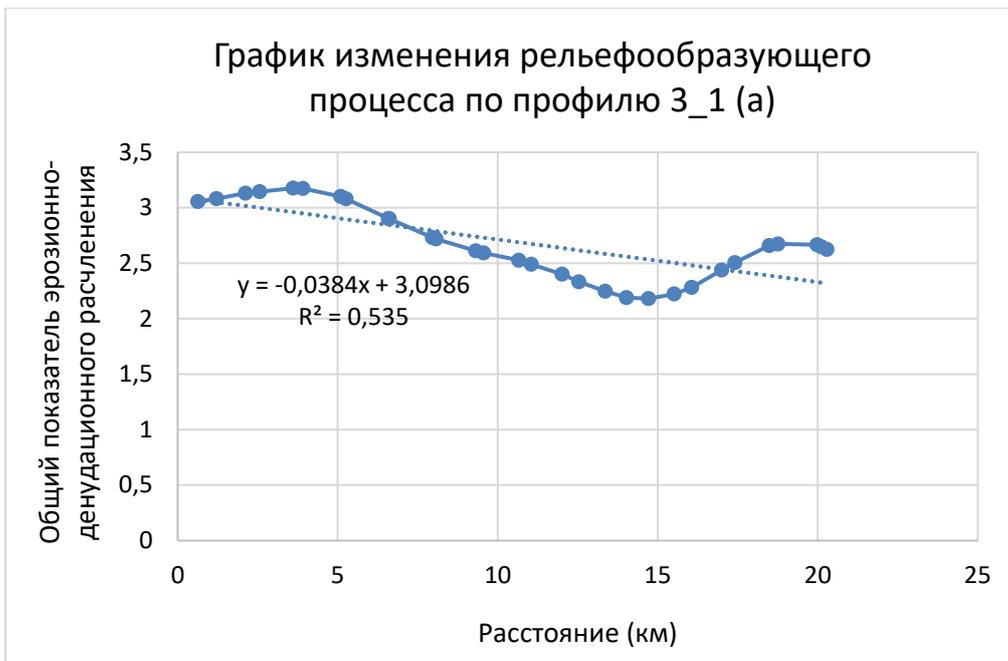


Рис. 4. Разрез по профилю 3\_1: а – рельефообразующий процесс; б – абсолютные отметки современного рельефа

На этих разрезах установлено изменение морфологии Горловской впадины и интенсивности проявления новейших движений. Выделены региональная и локальная составляющие анализируемых элементов и свойств рельефа земной поверхности.

### *Обсуждение результатов*

Первоначально необходимо уточнить особенности тектонического строения в пределах объекта исследования. В тектоническом плане (рис. 5) Горлов-

ская впадина расположена на границе двух крупных зон: Салаирской и Томь-Колыванской, которая представлена надвигом.

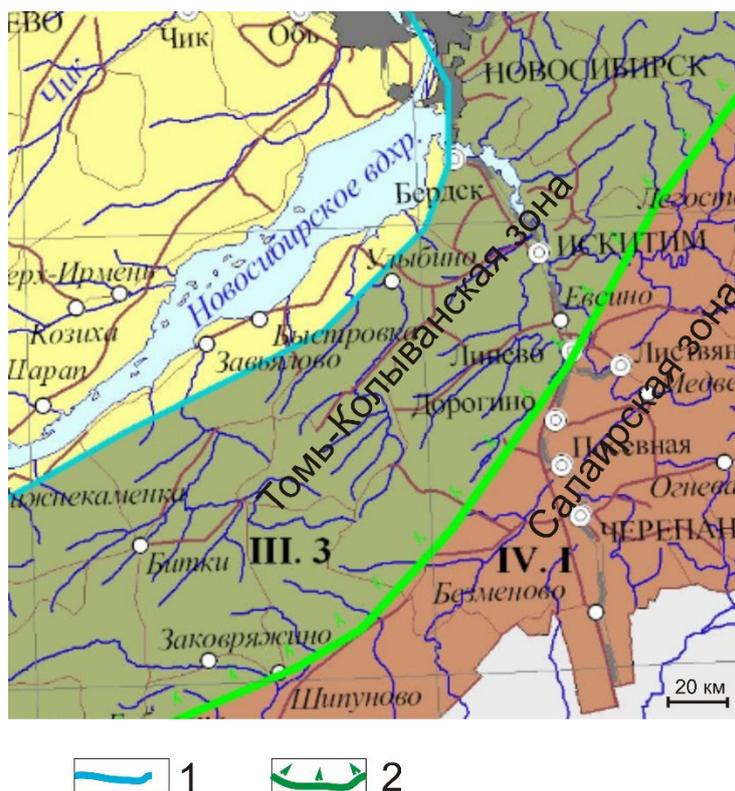


Рис. 5. Фрагмент тектонической карты, составленной по материалам: «Схема тектонического районирования России», масштаб 1 : 5000000. Москва, 2001 г. Условные обозначения: границы: 1 – разломные, 2 – надвиговые

Можно заметить, что изучаемые структуры ориентированы в северо-восточном направлении. Однако, тектонические движения в процессе развития рельефа земной поверхности, проявляясь неравномерно, могут не совпадать с основной ориентировкой геологического и тектонического плана. Это, в свою очередь, может привести на новейшем этапе развития рельефа к возникновению специфических условий в развитии структурного плана объекта исследования. Для решения поставленных в настоящей работе задач осуществлено районирование по характеру проявления современного рельефообразующего процесса (рис. 6).

Полученные результаты позволили сделать предположение о неравномерной в настоящее время активизации ранее выделенного надвига между Салаирской и Томь-Колыванской зонами. Если эту неравномерность рассматривать с позиции возможного выделения живых (активных) разломов, то, в данном случае, в его пределах выделяются две части: северо-восточная и юго-западная. Северо-восточная является более активной, чем юго-восточная.

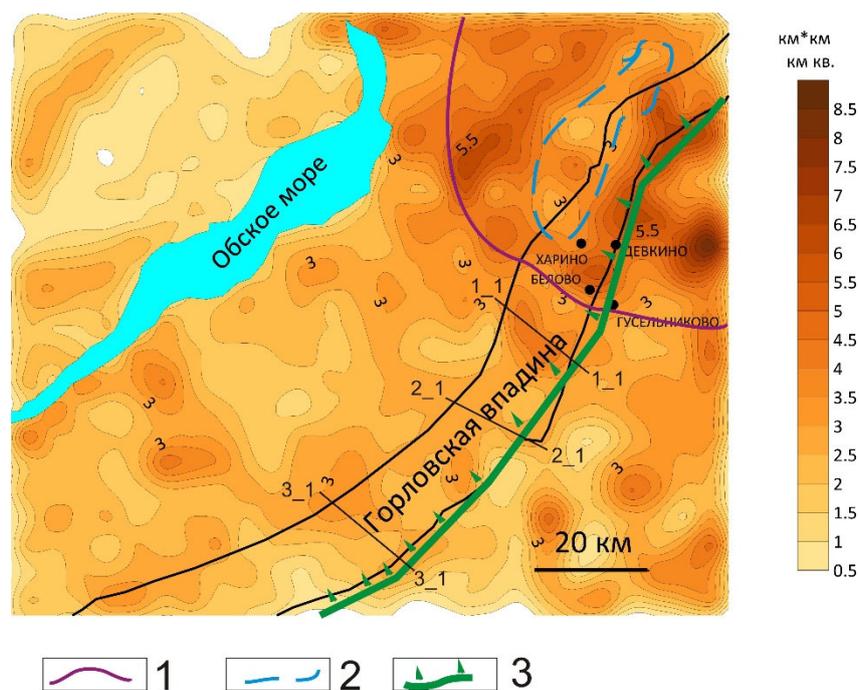


Рис. 6. Схема районирования объекта исследования. Граница 1 – максимальных и 2 – незначительных значений современного рельефообразующего процесса; 3 – надвиг

На основе значений анализируемого показателя было осуществлено районирование и выявлена наиболее активная, в тектоническом отношении его часть. Следует отметить, что специалисты до настоящего времени изучающие техногенную сейсмичность и определяющие координаты происходящих событий в этом, с геологической точки зрения сложном районе не имели возможности осуществить пространственную локализацию результатов своих исследований. Это связано с отсутствием районирования, в том числе и по интенсивности проявления тектонических движений на протяжении неоген-четвертичного этапа развития рельефа или работ по выявлению его блокового строения.

Ранее [5] в пределах этой территории был дан один из вариантов ответа на вопрос: почему в пределах северо-восточной части объекта исследования отмечается повышенная сейсмичность. С этой целью, осуществив анализ серии профилей, которые отражают изменения региональной и локальной составляющих эндогенного процесса (тектоническая составляющая в развитии рельефа), была выявлена ослабленная зона. Наличие этой области и объясняет приуроченность к ней землетрясений. В настоящей работе выявлена наиболее активная в тектоническом плане область (рис. 6). Её граница для Горловской впадины проходит по линии гг. Белово-Гусельниково. Таким образом, в северо-восточной части объекта исследования выявлена область максимальных значений проявления современных тектонических движений, которая имеет ограничения на юго-западе и может являться границей распространения современной сейсмичности.

Выделив область интенсивного проявления процессов, была решена вторая задача – оценка характера их изменения в пределах менее интенсивной области. В данном случае, следует учитывать, что в процессе развития происходит усложнение форм рельефа за счет несоответствий между структурой и процессом. При постановке задачи исходили из известной модели развития рельефа, согласно которой основные орографические черты современного рельефа созданы за неоген-четвертичный этап его развития, а процесс, это – рельефообразующий процесс, принимая на современном этапе активное участие в формировании рельефа, усложняет его облик. В настоящей работе несоответствия в современном рельефе земной поверхности определялись на основании анализа региональной и локальной составляющих как структуры, так и процесса (рис. 2-4). Эти профили в крест пересекают Горловскую впадину, а их номера увеличиваются в юго-западном направлении. Можно отметить, что на всех трех графиках региональная составляющая изменения рельефообразующего процесса имеет единый наклон. Это позволило сделать предположение о незначительной современной активизации части ранее выделенного по геологическим данным надвига и в целом – области. В отличие от изменений региональной составляющей рельефообразующего процесса, в изменениях структурного плана отмечена другая закономерность. Наклон региональной составляющей характеризует уменьшение морфологической выраженности анализируемого надвига. Таким образом, можно предположить, что в пределах Горловской впадины в юго-западном направлении происходят постепенные изменения в соотношениях структура-процесс, а именно – стремление их к синхронному проявлению.

### *Заключение*

В работе анализ проявлений современного рельефообразующего процесса в этом сложном, с точки зрения геологического строения районе, позволил выявить неравномерный характер новейших движений, который характерен не только для Горловской впадины, но и картируемого в её пределах надвига.

В северо-восточной части объекта исследования выявлена область максимальных значений проявления тектонических движений, которая имеет ограничения на юго-западе и может являться границей распространения современной сейсмичности. В пределах Горловской впадины в юго-западном направлении происходят постепенные изменения в соотношениях структура-процесс, а именно – стремление их к синхронному проявлению. Выявленная синхронность позволила предположить существование в пределах юго-западной части унаследованного развития рельефа как на современном, так и за весь неоген-четвертичный этап его развития.

В дальнейшем целесообразно расширить объект исследования в юго-западном направлении. Можно ожидать, что эти исследования в сочетании с другими будут способствовать получению новой информации о неравномерном развитии рельефа за неоген-четвертичный этап его развития и на её основании – решать ряд практических задач.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баранова Я. Ю., Андреева Н. В. Тектонические разломы земной поверхности // Материалы IX Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: "https://scienceforum.ru/2017/article/2017030193", <https://scienceforum.ru/2017/article/2017030193> (дата обращения: 21.03.2024 ).
2. Геологическое строение и полезные ископаемые Западной Сибири. Т. 1. Геологическое строение / Под ред. А. В. Каньгина, В. Г. Свиридова. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 1999. – 228 с.
3. Еманов А. Ф., Еманов А. А., Павленко О. В., Фатеев А. В., Куприш О. В., Подкoryтова В. Г. Колыванское землетрясение 09.01.2019 г. с  $M_L = 4.3$  и особенности наведенной сейсмичности в условиях Горловского угольного бассейна // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2019. – Т. 46. – № 4. – С. 29-45.
4. 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  $M_L=4/3$  and induced seismicity features of the Gorlovsky coal basin // Seismic Instruments. – 2020. – Vol. 56. – № 3. – P. 254–268.
5. Лапин П.С. Горловская впадина и её 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.
6. Трифонов В. Г. Активная тектоника и геоэкология. Проблемы геодинамики литосферы. – М. : Наука, 1999. – С. 44-62.

© П. С. Лапин, 2024