

УДК 502.3550.34.01

## ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

<sup>1</sup>Белов В.С., <sup>1</sup>Нестеренко М.Ю., <sup>2</sup>Зацепин Н.В., <sup>1</sup>Цвяк А.В.

<sup>1</sup>Оренбургский федеральный исследовательский центр УрО РАН (Отдел геоэкологии),  
Оренбург, e-mail: [belov-vs@mail.ru](mailto:belov-vs@mail.ru);

<sup>2</sup>ПАО «Гайский ГОК», Гай

В статье поднята проблема опасных геодинамических процессов, происходящих в восточной части Оренбургской области. Приведен краткий обзор структурно-тектонического районирования и геологического строения восточной части Оренбургской области, выявлены проблемы, связанные с геодинамическими процессами, происходящими на территории Восточного Оренбуржья, проведен анализ геодинамического состояния недр Восточного Оренбуржья. Анализ позволил выявить аномальную сейсмическую активность на территории Гайского городского округа и Новоорского района, а также необходимость выполнения мониторинга геодинамических процессов, происходящих в районе Гайского ГОКа, проведения научных исследований геодинамического состояния недр и оценки уровня геоэкологических рисков территории с выявленной повышенной сейсмической активностью. На этой территории уверенно регистрируются сейсмические события с магнитудой  $M_I > 2,0$ . Сопоставление количества зарегистрированных сейсмических событий с взрывами на рудниках горнодобывающих компаний позволило сделать вывод о возможных причинах геодинамических процессов: 74,5% геодинамических процессов спровоцированы взрывными работами на рудниках горнодобывающих предприятий, большей частью в шахтах. Предложен и обоснован эффективный метод наблюдения геодинамических процессов с использованием сейсмологической сети. Разработана методика организации геодинамического полигона на разрабатываемых месторождениях твердых полезных ископаемых с использованием сети сейсмических станций. Для более детального изучения всех происходящих сейсмических явлений и оценки уровня природной и техногенной сейсмической активности необходимо создать сейсмологическую сеть из 3–4 сейсмических станций на территории Гайского городского округа. Это позволит сделать оценку влияния сейсмической активности в восточной части Оренбургской области на возникновение чрезвычайных ситуаций.

**Ключевые слова:** структурно-тектоническое районирование, геологическое строение, сейсмическая активность, геодинамика, геодинамический мониторинг

## GEODYNAMIC PROCESSES IN THE EASTERN PART OF THE ORENBURG REGION

<sup>1</sup>Belov V.S., <sup>1</sup>Nesterenko M.Yu., <sup>2</sup>Zatsepin N.V., <sup>1</sup>Tsvyak A.V.

<sup>1</sup>Orenburg Federal Research Center, Urals branch of RAS (Department of Geoecology),  
Orenburg, e-mail: [belov-vs@mail.ru](mailto:belov-vs@mail.ru);

<sup>2</sup>PJSC «Gaysky GOK», Gay

The article raises the problem of dangerous geodynamic processes occurring in the Eastern part of the Orenburg region. A brief review of structural-tectonic zonation and geological structure of the Eastern part of the Orenburg region, identified the problems associated with geodynamic processes occurring in the territory East of the Orenburg region, the analysis of geodynamic condition of mineral resources of the East Orenburg region. The analysis revealed abnormal seismic activity on the territory of the Gaisky city district and Novoorsky district, as well as the need to monitor geodynamic processes occurring in the area of the Gaisky GOK, conduct scientific research on the geodynamic state of the subsurface and assess the level of geoeological risks of the territory with detected increased seismic activity. Seismic events with a magnitude of  $M_I > 2.0$  are confidently recorded in this area. Comparison of the number of recorded seismic events with explosions at the mines of mining companies allowed us to conclude about the possible causes of geodynamic processes: 74.5% of geodynamic processes are triggered by blasting operations at the mines of mining enterprises, most of them in mines. An effective method for observing geodynamic processes using a seismological network is proposed and justified. A method for organizing a geodynamic polygon on developed deposits of solid minerals using a network of seismic stations has been developed. For a more detailed study of all occurring seismic phenomena and assessment of the level of natural and man-made seismic activity, it is necessary to create a seismological network of 3-4 seismic stations on the territory of the Gaysky city district. This will allow us to assess the impact of seismic activity in the Eastern part of the Orenburg region on the occurrence of emergencies.

**Keywords:** structural and tectonic zoning, geological structure, seismic activity, geodynamics, geodynamic monitoring

Восточная часть Оренбургской области характеризуется большим количеством промышленных и горнодобывающих предприятий. Здесь сосредоточены металлургические и горнообогатительные комби-

наты, машиностроительные и химические заводы, энергогенерирующие комплексы и строительные компании. В 1966 г. было завершено заполнение крупнейшего искусственного водоема Южного Урала – Ири-

клинского водохранилища, объем воды в котором достигает более 3 км<sup>3</sup>, а площадь поверхности – 260 км<sup>2</sup>.

Все предприятия соседствуют с населенными пунктами, что, естественно, сказывается на экологической ситуации в регионе и безопасности жизни населения.

В структурно-тектоническом отношении восточная часть Оренбургской области входит в состав Уральской разломно-надвиговой провинции и имеет сложное геологическое строение с многочисленными тектоническими нарушениями (разломами) и естественной сейсмической активностью [1].

Сейсмическая активность в значительной мере может провоцироваться и усиливаться наличием техногенных объектов (карьеров, шахт, водохранилищ, крупных промышленных предприятий, отвалов вскрышных пород, шлако- и шламохранилищ) и технологической деятельностью предприятий (отработка карьеров, проходка шахтных выработок, производство буровзрывных работ и т.п.).

Анализ исторических данных и инструментальных наблюдений показывает, что геодинамические процессы на востоке Оренбургской области происходят непрерывно [2–4].

На территории Гайского ГОКа, расположенного в восточной части Оренбургской области, регистрируются оседания земной поверхности, достигающие 50 см в год [5] и множество сейсмических событий с магнитудами  $M_L > 2$ . Однако сейсмические

события, которые были зафиксированы станциями Оренбургского научного центра Уральского отделения РАН и Казахстанской сейсмологической сети, расположены на большом расстоянии от района Гайского месторождения.

Цель исследования: определение источника сейсмических событий, определение природы событий (тектоническое событие, горный удар, взрыв и пр.), выявление напряженных зон в массивах горных пород и т.п. Достигнуть поставленной цели возможно на основе комплексного мониторинга сейсмической активности недр и движений земной поверхности. Это обеспечит возможность прогнозирования опасных геодинамических явлений и снижение риска техногенных и природно-техногенных катастроф.

#### *Анализ геодинамических событий Восточного Оренбуржья*

Сейсмическими станциями Республики Казахстан, станциями геофизической сети РАН и станциями ОФИЦ УрО РАН в Восточном Оренбуржье фиксируется значительное количество сейсмических событий магнитудой до 2,5 единиц и более. Так в 2019 г. зафиксировано 220 сейсмических событий.

В таблице приводится анализ геодинамических явлений в восточной части Оренбургской области, совпадающих с взрывными работами на рудниках горнодобывающих компаний, информацию о которых предоставили ПАО «Гайский ГОК» и АО «ОРМЕТ».

#### Анализ геодинамических событий Восточного Оренбуржья

| Сейсмические события по данным Казахстанского национального сейсмоцентра |                |            |         | Совпадения с взрывами на рудниках | Характеристика сейсмособытий по данным Казахстанского сейсмоцентра |               |                      |   |   |
|--|----------------|------------|---------|-----------------------------------|--|---------------|----------------------|---|---|
| Дата в 2019 г.   | Время, час-мин | Координаты |         |                                   | Глубина, км  | Магнитуда, Mb | Энергетический класс |   |   |
| 1  | 2              | Широта     | Долгота | 3                                 |  |               |                      | 4 | 5 |
| 6 янв  | 7:52           | 51.2555    | 58.6125 | Гайский (шахта) – ГТОК            | 2  | 1,8           | 4,4                  |   |   |
| 8 янв  | 7:57           | 51.1763    | 58.7322 | Гайский (шахта) – ГТОК            | 3  | 2,6           | 5,6                  |   |   |
| 10 янв   | 15:25          | 52.1401    | 57.9906 | Гайский (шахта) – ГТОК            | 2  | 2,4           | 5,9                  |   |   |
| 18 янв   | 12:00          | 51.443     | 58.2886 | Белозерский (карьер) – ГТОК       | 2  | 2             | 5,9                  |   |   |
| 20 янв   | 7:58           | 51.493     | 58.6936 | Гайский (шахта) – ГТОК            | 3  | 2,6           | 5,3                  |   |   |
| 23 янв   | 16:17          | 51.3046    | 57.901  | Гайский (шахта) – ГТОК            | 2  | 2,3           | 4,9                  |   |   |
| 25 янв   | 16:27          | 51.354     | 57.776  | Гайский (шахта) – ГТОК            | 3  | 2,7           | 6,5                  |   |   |
| 26 янв   | 0:10           | 51.9868    | 58.7081 | Гайский (шахта) – ГТОК            | 2  | 2,2           | 5,3                  |   |   |
| 30 янв   | 9:06           | 51.197     | 58.6079 | Нет совпадений                    | 3  | 2,5           | 5,7                  |   |   |
| 30 янв   | 11:32          | 51.2191    | 58.0307 | Нет совпадений                    | 2  | 2,2           | 4,4                  |   |   |
| 31 янв   | 16:40          | 51.9535    | 58.7832 | Нет совпадений                    | 2  | 1,9           | 5                    |   |   |
| 2 фев  | 15:52          | 51.3458    | 58.4267 | Гайский (шахта) – ГТОК            | 2  | 2,5           | 5                    |   |   |
| 6 фев  | 7:45           | 52.0296    | 58.4158 | Джусинский (шахта) – ОРМЕТ        | 2  | 2,2           | 5,5                  |   |   |

| Продолжение таблицы |       |         |         |                            |   |     |     |
|---------------------|-------|---------|---------|----------------------------|---|-----|-----|
| 1                   | 2     | 3       | 4       | 5                          | 6 | 7   | 8   |
| 6 фев               | 11:54 | 51.3995 | 58.022  | Нет совпадений             | 2 | 2,2 | 5,1 |
| 6 фев               | 16:04 | 51.2898 | 58.0236 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 2,3 | 5,4 |
| 13 фев              | 16:02 | 51.4924 | 58.6999 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 2   | 5,5 |
| 14 фев              | 23:48 | 51.5495 | 58.3615 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 2   | 3,9 |
| 21 фев              | 7:56  | 51.4723 | 58.9108 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 3 | 2,7 | 5,8 |
| 21 фев              | 16:47 | 51.1833 | 57.8996 | Нет совпадений             | 3 | 2,6 | 5,5 |
| 22 фев              | 14:21 | 51.1472 | 58.772  | Джусинский (шахта) – ОРМЕТ | 2 | 2,4 | 6,3 |
| 25 фев              | 16:05 | 51.478  | 58.5281 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 2,5 | 5,2 |
| 26 фев              | 0:02  | 51.4276 | 58.8103 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 2,3 | 4,7 |
| 27 фев              | 16:18 | 51.3076 | 57.8221 | Нет совпадений             | 2 | 2,1 | 4,3 |
| 1 мар               | 15:55 | 51.4935 | 58.3474 | Нет совпадений             | 2 | 2,2 | 5,7 |
| 2 мар               | 8:03  | 51.2003 | 57.734  | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 2   | 5,3 |
| 2 мар               | 9:55  | 51.6779 | 58.7987 | Нет совпадений             | 2 | 2,3 | 5,6 |
| 2 мар               | 23:47 | 51.641  | 58.5338 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 2   | 5,3 |
| 6 мар               | 16:16 | 51.2365 | 57.9434 | Нет совпадений             | 2 | 2,4 | 4,9 |
| 7 мар               | 15:11 | 51.1791 | 57.3658 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 2,3 | 4,7 |
| 12 мар              | 0:00  | 51.8    | 58.6833 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 1,7 | 4,7 |
| 12 мар              | 12:01 | 51.3573 | 57.3652 | Нет совпадений             | 2 | 2   | 6,1 |
| 12 мар              | 18:41 | 53.7185 | 58.5283 | Нет совпадений             | 3 | 2,7 | 6,6 |
| 21 мар              | 7:53  | 51.365  | 58.2248 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 2,1 | 4,1 |
| 22 мар              | 15:50 | 51.3869 | 58.4803 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 2   | 4,9 |
| 26 мар              | 15:54 | 51.3442 | 58.8702 | Нет совпадений             | 2 | 2   | 4,4 |
| 27 мар              | 16:18 | 51.2886 | 58.321  | Нет совпадений             | 2 | 2,1 | 4,4 |
| 2 апр               | 12:26 | 51.2018 | 57.6468 | Нет совпадений             | 2 | 2,2 | 6,3 |
| 3 апр               | 17:05 | 51.1612 | 58.5623 | Нет совпадений             | 3 | 2,9 | 6,4 |
| 4 апр               | 15:12 | 51.8842 | 58.412  | Осенний (карьер) – ГТОК    | 2 | 2,2 | 5,6 |
| 4 апр               | 15:50 | 51.6584 | 58.4932 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 2   | 4,8 |
| 5 апр               | 12:24 | 51.3411 | 58.4473 | Нет совпадений             | 2 | 2,1 | 4,3 |
| 6 апр               | 15:48 | 51.5478 | 58.2217 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 2,4 | 5,6 |
| 7 апр               | 8:00  | 51.3218 | 58.6411 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 2,5 | 5,4 |
| 11 апр              | 11:54 | 51.5953 | 58.1931 | Нет совпадений             | 2 | 2,4 | 5   |
| 15 апр              | 23:59 | 51.6938 | 58.4246 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 1,9 | 4,9 |
| 17 апр              | 16:05 | 51.2528 | 58.0191 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 2,2 | 4,6 |
| 24 апр              | 0:00  | 51.3737 | 58.7377 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 2,3 | 5,1 |
| 29 апр              | 14:55 | 51.1901 | 58.5061 | Нет совпадений             | 2 | 2,3 | 5,6 |
| 30 апр              | 16:01 | 51.479  | 58.982  | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 2,4 | 5   |
| 6 май               | 15:28 | 51.4648 | 58.4042 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 1,8 | 5,2 |
| 7 май               | 7:58  | 51.8023 | 58.8105 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 1,7 | 4,2 |
| 7 май               | 16:48 | 51.1398 | 58.1459 | Нет совпадений             | 2 | 2,2 | 5   |
| 8 май               | 23:58 | 51.5788 | 58.9345 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 2,4 | 4,9 |
| 16 май              | 7:47  | 51.4169 | 58.5004 | Джусинский (шахта) – ОРМЕТ | 2 | 2   | 5,2 |
| 16 май              | 16:21 | 51.2876 | 58.1713 | Нет совпадений             | 2 | 2,1 | 4,8 |
| 22 май              | 15:37 | 51.3279 | 57.8602 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 2,4 | 6,6 |
| 25 май              | 15:53 | 51.3515 | 58.8757 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 2,4 | 5,4 |
| 31 май              | 7:50  | 51.6213 | 58.7799 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 2   | 4,6 |
| 3 июн               | 7:30  | 51.5819 | 58.6405 | Джусинский (шахта) – ОРМЕТ | 1 | 1,4 | 3,7 |
| 5 июн               | 12:12 | 51.1933 | 58.4823 | Нет совпадений             | 2 | 2,4 | 5,5 |
| 5 июн               | 18:28 | 51.2058 | 57.9887 | Нет совпадений             | 2 | 2,1 | 5   |
| 6 июн               | 16:17 | 51.4377 | 58.7821 | Нет совпадений             | 2 | 2,4 | 5,6 |
| 7 июн               | 13:15 | 53.795  | 58.9619 | Нет совпадений             | 3 | 2,8 | 6,7 |
| 7 июн               | 15:51 | 51.6847 | 58.2996 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 1,9 | 5,1 |
| 7 июн               | 19:58 | 51.39   | 57.9262 | Джусинский (шахта) – ОРМЕТ | 2 | 2   | 4,9 |
| 18 июн              | 15:47 | 51.2429 | 58.4613 | Весенний (карьер) – ОРМЕТ  | 2 | 2,3 | 4,7 |
| 18 июн              | 23:53 | 51.5955 | 58.1316 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 2   | 5,9 |
| 21 июн              | 0:04  | 53.5523 | 58.7096 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 3 | 3   | 7,1 |
| 22 июн              | 15:25 | 51.6285 | 56.9398 | Осенний (карьер) – ГТОК    | 2 | 2,2 | 5,3 |
| 22 июн              | 15:49 | 51.4904 | 58.7995 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 2,3 | 5,6 |
| 25 июн              | 15:40 | 51.4706 | 58.9366 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 2,4 | 5,2 |

| Продолжение таблицы |       |         |         |                            |   |     |     |
|---------------------|-------|---------|---------|----------------------------|---|-----|-----|
| 1                   | 2     | 3       | 4       | 5                          | 6 | 7   | 8   |
| 26 июн              | 14:14 | 51.2742 | 57.8777 | Весенний (карьер) – ОРМЕТ  | 2 | 2,3 | 5,2 |
| 28 июн              | 11:57 | 53.5534 | 58.9624 | Нет совпадений             | 2 | 2,4 | 6,9 |
| 4 июл               | 7:58  | 51.2555 | 58.44   | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 2,1 | 4,1 |
| 4 июл               | 14:54 | 51.2514 | 58.4884 | Нет совпадений             | 2 | 2,1 | 5,2 |
| 4 июл               | 23:58 | 51.7161 | 58.3823 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 1,9 | 4,8 |
| 6 июл               | 8:08  | 51.5652 | 58.8077 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 1,8 | 4,6 |
| 13 июл              | 0:00  | 51.4452 | 58.8976 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 1,8 | 4,1 |
| 15 июл              | 13:59 | 51.3374 | 58.7673 | Нет совпадений             | 2 | 2,3 | 6,1 |
| 15 июл              | 23:58 | 51.2835 | 58.7014 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 1,9 | 4,8 |
| 16 июл              | 15:58 | 51.5286 | 58.9854 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 3 | 2,6 | 5,4 |
| 16 июл              | 16:50 | 51.3522 | 59.3954 | Нет совпадений             | 2 | 1,7 | 5,1 |
| 30 июл              | 14:15 | 51.1483 | 58.6003 | Осенний (карьер) – ГТОК    | 2 | 2,4 | 6,1 |
| 31 июл              | 11:57 | 51.4968 | 58.1558 | Нет совпадений             | 2 | 2   | 5,6 |
| 31 июл              | 16:00 | 51.2643 | 57.898  | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 2,2 | 4,7 |
| 1 авг               | 13:52 | 51.6876 | 57.4039 | Нет совпадений             | 2 | 1,6 | 5   |
| 3 авг               | 15:46 | 51.7467 | 58.2547 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 1,8 | 4,8 |
| 4 авг               | 7:48  | 51.741  | 58.5331 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 1,6 | 4,6 |
| 5 авг               | 15:24 | 51.2808 | 58.6361 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 3 | 2,5 | 5,8 |
| 7 авг               | 7:46  | 51.6679 | 58.8395 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 1,7 | 4,8 |
| 12 авг              | 19:35 | 51.3213 | 57.8781 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 3 | 2,6 | 6,4 |
| 16 авг              | 11:56 | 51.5434 | 58.1343 | Нет совпадений             | 2 | 2,2 | 5,8 |
| 17 авг              | 23:50 | 51.6071 | 58.7406 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 2   | 4,6 |
| 21 авг              | 8:04  | 51.4949 | 58.537  | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 2,1 | 4,8 |
| 21 авг              | 13:47 | 51.4566 | 58.1813 | Нет совпадений             | 2 | 2,2 | 6   |
| 21 авг              | 16:06 | 51.1661 | 57.9604 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 2,2 | 4,7 |
| 23 авг              | 12:17 | 51.3759 | 58.3461 | Нет совпадений             | 3 | 2,6 | 6,2 |
| 24 авг              | 23:50 | 51.2056 | 58.2471 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 2,2 | 5,1 |
| 3 сен               | 11:46 | 51.7272 | 58.4392 | Нет совпадений             | 2 | 1,7 | 5,1 |
| 3 сен               | 15:24 | 51.1444 | 58.5793 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 3 | 2,9 | 6,6 |
| 4 сен               | 8:03  | 51.5207 | 58.3661 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 1,8 | 5,4 |
| 4 сен               | 12:59 | 51.5553 | 58.9053 | Весенний (карьер) – ОРМЕТ  | 2 | 1,9 | 5   |
| 6 сен               | 12:02 | 51.2337 | 57.9722 | Нет совпадений             | 2 | 2,1 | 4,3 |
| 7 сен               | 16:32 | 51.6353 | 58.2442 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 1,8 | 5,1 |
| 9 сен               | 12:34 | 51.5653 | 58.7114 | Нет совпадений             | 2 | 2,3 | 5   |
| 12 сен              | 12:06 | 51.2945 | 58.5739 | Нет совпадений             | 2 | 1,9 | 4,9 |
| 12 сен              | 14:15 | 51.4187 | 58.5826 | Весенний (карьер) – ОРМЕТ  | 2 | 1,5 | 4,6 |
| 12 сен              | 23:54 | 51.5761 | 58.5223 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 2   | 5,7 |
| 13 сен              | 13:22 | 51.5896 | 58.842  | Нет совпадений             | 2 | 2,4 | 5   |
| 13 сен              | 14:55 | 51.2404 | 58.7559 | Осенний (карьер) – ГТОК    | 2 | 2,2 | 4,7 |
| 14 сен              | 17:10 | 51.3234 | 56.872  | Нет совпадений             | 2 | 2,4 | 6,2 |
| 16 сен              | 13:16 | 51.3597 | 58.5133 | Нет совпадений             | 2 | 2,3 | 5,9 |
| 16 сен              | 15:10 | 51.2319 | 58.5551 | Нет совпадений             | 2 | 2,3 | 5,3 |
| 16 сен              | 18:28 | 51.1711 | 58.0815 | Весенний (карьер) – ОРМЕТ  | 2 | 2   | 4,8 |
| 17 сен              | 7:40  | 51.6446 | 58.7193 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 1,9 | 5   |
| 17 сен              | 12:12 | 51.6651 | 58.8456 | Нет совпадений             | 2 | 2   | 5,5 |
| 17 сен              | 15:09 | 51.3067 | 58.8884 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 1,7 | 4,8 |
| 19 сен              | 7:41  | 51.5939 | 58.1212 | Джусинский (шахта) – ОРМЕТ | 2 | 1,8 | 5,6 |
| 19 сен              | 7:50  | 51.7392 | 58.2228 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 2,1 | 4,9 |
| 19 сен              | 13:34 | 51.3645 | 58.5194 | Нет совпадений             | 2 | 1,9 | 5   |
| 19 сен              | 13:41 | 51.4621 | 58.6175 | Нет совпадений             | 2 | 1,8 | 5,1 |
| 20 сен              | 8:13  | 51.7921 | 58.2726 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 1,8 | 4,4 |
| 20 сен              | 14:28 | 51.5614 | 58.5689 | Весенний (карьер) – ОРМЕТ  | 2 | 1,8 | 5,1 |
| 20 сен              | 16:15 | 51.5032 | 58.9992 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 2,4 | 5   |
| 20 сен              | 23:56 | 51.4886 | 58.9001 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 3 | 2,5 | 6   |
| 22 сен              | 7:54  | 51.5821 | 58.2549 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 1 | 1,4 | 4,7 |
| 23 сен              | 13:35 | 51.8086 | 58.4029 | Нет совпадений             | 2 | 1,7 | 5,2 |
| 24 сен              | 14:36 | 51.3932 | 58.9552 | Нет совпадений             | 2 | 2   | 5,4 |
| 25 сен              | 16:02 | 51.4034 | 58.3325 | Гайский (шахта) – ГТОК     | 2 | 1,9 | 4,8 |

| Продолжение таблицы |       |         |         |                            |   |     |     |
|---------------------|-------|---------|---------|----------------------------|---|-----|-----|
| 1                   | 2     | 3       | 4       | 5                          | 6 | 7   | 8   |
| 25 сен              | 16:11 | 51.6453 | 58.7267 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 2   | 5,5 |
| 26 сен              | 7:56  | 51.4406 | 58.3296 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 1,9 | 5,1 |
| 26 сен              | 13:06 | 51.4188 | 58.5993 | Весенний (карьер) – ОРМЕТ  | 2 | 2,5 | 5,1 |
| 26 сен              | 16:24 | 51.1514 | 58.9328 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 1,9 | 4,9 |
| 26 сен              | 23:58 | 51.3947 | 58.8472 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 2,2 | 4,8 |
| 3 окт               | 7:58  | 51.1529 | 58.1005 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 2,3 | 4,9 |
| 3 окт               | 13:32 | 51.2161 | 58.8007 | Нет совпадений             | 2 | 2,1 | 4,6 |
| 4 окт               | 12:15 | 51.6034 | 58.3654 | Нет совпадений             | 1 | 1,5 | 4,7 |
| 7 окт               | 23:57 | 51.5346 | 58.8966 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 1,6 | 4,8 |
| 8 окт               | 7:00  | 51.4981 | 58.8453 | Джусинский (шахта) – ОРМЕТ | 2 | 2,4 | 5,1 |
| 8 окт               | 16:01 | 51.5711 | 58.4806 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 2   | 5,6 |
| 9 окт               | 7:56  | 51.2868 | 58.5762 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 2,2 | 4,5 |
| 9 окт               | 16:03 | 51.5444 | 58.8059 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 1,8 | 4,7 |
| 12 окт              | 0:19  | 51.3525 | 58.2903 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 2,1 | 5,3 |
| 12 окт              | 8:06  | 51.2224 | 57.6801 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 2,2 | 4,6 |
| 13 окт              | 7:53  | 51.4053 | 58.618  | Гайский (шахта) – ГОК      | 1 | 1,5 | 4,8 |
| 14 окт              | 14:16 | 51.5309 | 58.8938 | Осенний (карьер) – ГОК     | 2 | 2,3 | 4,8 |
| 14 окт              | 15:58 | 51.146  | 58.5404 | Гайский (шахта) – ГОК      | 3 | 2,9 | 6,4 |
| 14 окт              | 16:00 | 51.4102 | 58.6098 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 1,7 | 5,1 |
| 15 окт              | 23:53 | 51.3378 | 57.5743 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 2   | 5,3 |
| 16 окт              | 15:09 | 51.4748 | 58.7167 | Весенний (карьер) – ОРМЕТ  | 2 | 2   | 5,1 |
| 16 окт              | 16:18 | 51.4153 | 58.4217 | Нет совпадений             | 2 | 2   | 5,7 |
| 16 окт              | 23:55 | 51.4502 | 58.6269 | Гайский (шахта) – ГОК      | 3 | 2,6 | 5,5 |
| 17 окт              | 16:03 | 51.6673 | 58.6904 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 2   | 5,3 |
| 20 окт              | 15:56 | 51.2847 | 58.8086 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 2,4 | 5,3 |
| 20 окт              | 23:58 | 51.2404 | 58.678  | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 2,2 | 4,6 |
| 22 окт              | 16:14 | 51.7624 | 58.705  | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 1,9 | 5,2 |
| 22 окт              | 23:58 | 51.7963 | 58.2634 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 1,7 | 5,2 |
| 23 окт              | 8:00  | 51.487  | 58.4075 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 1,9 | 5,2 |
| 23 окт              | 13:27 | 51.3551 | 58.25   | Нет совпадений             | 2 | 1,9 | 5,1 |
| 24 окт              | 0:16  | 51.9212 | 58.5448 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 2,2 | 5,6 |
| 24 окт              | 7:59  | 51.9652 | 58.2992 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 2,2 | 5,7 |
| 25 окт              | 12:02 | 51.3844 | 58.3432 | Нет совпадений             | 2 | 2,2 | 5,7 |
| 27 окт              | 23:48 | 51.4849 | 58.9375 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 2,5 | 5,3 |
| 29 окт              | 8:05  | 51.3001 | 58.668  | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 2,1 | 5,3 |
| 29 окт              | 15:58 | 51.4251 | 58.5829 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 1,8 | 4,6 |
| 29 окт              | 23:57 | 51.5465 | 58.1048 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 2   | 3,9 |
| 31 окт              | 15:55 | 51.1444 | 58.5793 | Гайский (шахта) – ГОК      | 3 | 2,9 | 6,6 |
| 1 ноя               | 0:21  | 51.7272 | 58.4392 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 1,7 | 5,1 |
| 1 ноя               | 7:50  | 51.5553 | 58.9053 | Джусинский (шахта) – ОРМЕТ | 2 | 1,9 | 5   |
| 3 ноя               | 0:03  | 51.5207 | 58.3661 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 1,8 | 5,4 |
| 6 ноя               | 16:08 | 51.2337 | 57.9722 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 2,1 | 4,3 |
| 7 ноя               | 12:10 | 51.6353 | 58.2442 | Нет совпадений             | 2 | 1,8 | 5,1 |
| 8 ноя               | 8:04  | 51.5761 | 58.5223 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 2   | 5,7 |
| 8 ноя               | 23:50 | 51.5653 | 58.7114 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 2,3 | 5   |
| 11 ноя              | 0:13  | 51.4187 | 58.5826 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 1,5 | 4,6 |
| 13 ноя              | 23:59 | 51.2945 | 58.5739 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 1,9 | 4,9 |
| 15 ноя              | 16:01 | 51.2404 | 58.7559 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 2,2 | 4,7 |
| 16 ноя              | 15:59 | 51.5896 | 58.842  | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 2,4 | 5   |
| 18 ноя              | 16:06 | 51.1711 | 58.0815 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 2   | 4,8 |
| 19 ноя              | 7:59  | 51.2319 | 58.5551 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 2,3 | 5,3 |
| 20 ноя              | 23:58 | 51.3597 | 58.5133 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 2,3 | 5,9 |
| 22 ноя              | 23:58 | 51.3067 | 58.8884 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 1,7 | 4,8 |
| 23 ноя              | 15:57 | 51.6446 | 58.7193 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 1,9 | 5   |
| 23 ноя              | 15:59 | 51.6651 | 58.8456 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 2   | 5,5 |
| 24 ноя              | 8:02  | 51.3645 | 58.5194 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 1,9 | 5   |
| 24 ноя              | 23:58 | 51.4621 | 58.6175 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 1,8 | 5,1 |
| 25 ноя              | 16:00 | 51.7392 | 58.2228 | Гайский (шахта) – ГОК      | 2 | 2,1 | 4,9 |



| Окончание таблицы |       |         |         |                            |   |     |     |
|-------------------|-------|---------|---------|----------------------------|---|-----|-----|
| 1                 | 2     | 3       | 4       | 5                          | 6 | 7   | 8   |
| 27 ноя            | 12:13 | 51.5939 | 58.1212 | Нет совпадений             | 2 | 1,8 | 5,6 |
| 28 ноя            | 16:07 | 51.5032 | 58.9992 | Гайский (шахта) – ГГОК     | 2 | 2,4 | 5   |
| 28 ноя            | 16:51 | 51.4886 | 58.9001 | Нет совпадений             | 3 | 2,5 | 6   |
| 29 ноя            | 16:12 | 51.3072 | 59.5496 | Гайский (шахта) – ГГОК     | 2 | 2,1 | 5,7 |
| 29 ноя            | 23:57 | 51.5614 | 58.5689 | Гайский (шахта) – ГГОК     | 2 | 1,8 | 5,1 |
| 30 ноя            | 7:59  | 51.5821 | 58.2549 | Гайский (шахта) – ГГОК     | 1 | 1,4 | 4,7 |
| 30 ноя            | 15:50 | 51.7921 | 58.2726 | Гайский (шахта) – ГГОК     | 2 | 1,8 | 4,4 |
| 1 дек             | 23:58 | 51.8086 | 58.4029 | Гайский (шахта) – ГГОК     | 2 | 1,7 | 5,2 |
| 2 дек             | 7:59  | 51.3932 | 58.9552 | Гайский (шахта) – ГГОК     | 2 | 2   | 5,4 |
| 3 дек             | 13:59 | 51.6453 | 58.7267 | Осенний (карьер) – ГГОК    | 2 | 2   | 5,5 |
| 4 дек             | 0:12  | 51.4034 | 58.3325 | Гайский (шахта) – ГГОК     | 2 | 1,9 | 4,8 |
| 6 дек             | 0:02  | 51.3947 | 58.8472 | Гайский (шахта) – ГГОК     | 2 | 2,2 | 4,8 |
| 6 дек             | 7:58  | 51.4188 | 58.5993 | Гайский (шахта) – ГГОК     | 2 | 2,5 | 5,1 |
| 6 дек             | 8:00  | 51.1514 | 58.9328 | Гайский (шахта) – ГГОК     | 2 | 1,9 | 4,9 |
| 7 дек             | 23:05 | 51.4406 | 58.3296 | Гайский (шахта) – ГГОК     | 2 | 1,9 | 5,1 |
| 11 дек            | 16:03 | 51.1529 | 58.1005 | Гайский (шахта) – ГГОК     | 2 | 2,3 | 4,9 |
| 11 дек            | 23:58 | 51.2161 | 58.8007 | Гайский (шахта) – ГГОК     | 2 | 2,1 | 4,6 |
| 12 дек            | 16:05 | 51.6034 | 58.3654 | Гайский (шахта) – ГГОК     | 1 | 1,5 | 4,7 |
| 13 дек            | 8:04  | 51.5346 | 58.8966 | Гайский (шахта) – ГГОК     | 2 | 1,6 | 4,8 |
| 14 дек            | 7:45  | 51.5711 | 58.4806 | Джусинский (шахта) – ОРМЕТ | 2 | 2   | 5,6 |
| 18 дек            | 16:02 | 51.4981 | 58.8453 | Гайский (шахта) – ГГОК     | 2 | 2,4 | 5,1 |
| 20 дек            | 8:12  | 51.2868 | 58.5762 | Гайский (шахта) – ГГОК     | 2 | 2,2 | 4,5 |
| 20 дек            | 15:58 | 51.5444 | 58.8059 | Гайский (шахта) – ГГОК     | 2 | 1,8 | 4,7 |
| 24 дек            | 13:40 | 51.3525 | 58.2903 | Весенний (карьер) – ОРМЕТ  | 2 | 2,1 | 5,3 |
| 25 дек            | 16:07 | 51.2224 | 57.6801 | Гайский (шахта) – ГГОК     | 2 | 2,2 | 4,6 |
| 26 дек            | 16:08 | 51.4102 | 58.6098 | Гайский (шахта) – ГГОК     | 2 | 1,7 | 5,1 |
| 26 дек            | 23:59 | 51.4053 | 58.618  | Гайский (шахта) – ГГОК     | 1 | 1,5 | 4,8 |
| 27 дек            | 12:56 | 51.3378 | 57.5743 | Нет совпадений             | 2 | 2   | 5,3 |
| 27 дек            | 15:58 | 51.5309 | 58.8938 | Гайский (шахта) – ГГОК     | 2 | 2,3 | 4,8 |
| 27 дек            | 16:14 | 51.146  | 58.5404 | Гайский (шахта) – ГГОК     | 3 | 2,9 | 6,4 |
| 30 дек            | 7:57  | 51.4502 | 58.6269 | Гайский (шахта) – ГГОК     | 3 | 2,6 | 5,5 |
| 31 дек            | 7:58  | 51.4748 | 58.7167 | Гайский (шахта) – ГГОК     | 2 | 2   | 5,1 |
| 31 дек            | 11:58 | 51.4153 | 58.4217 | Нет совпадений             | 2 | 2   | 5,7 |

Количество зарегистрированных сейсмических событий и совпадений с взрывами на рудниках горнодобывающих компаний по месяцам:

Январь – 8 совпадений из 11 событий (72,7%);

Февраль – 9 совпадений из 12 событий (75%);

Март – 6 совпадений из 13 событий (46,2%);

Апрель – 8 совпадений из 13 событий (61,5%);

Май – 7 совпадений из 9 событий (77,8%);

Июнь – 10 совпадений из 15 событий (66,7%);

Июль – 8 совпадений из 12 событий (66,7%);

Август – 9 совпадений из 13 событий (69,2%);

Сентябрь – 23 совпадения из 36 событий (63,9%);

Октябрь – 28 совпадений из 33 событий (84,8%);

Ноябрь – 24 совпадения из 27 событий (88,9%);

Декабрь – 24 совпадений из 26 событий (92,3%);

Всего: – 164 совпадения из 220 событий (74,5%).

Количество совпадений сейсмических явлений с взрывами на:

– Гайском руднике ГГОК (шахта) – 139 совпадений;

– Джусинском руднике ОРМЕТ (шахта) – 9 совпадений;

– Весеннем руднике ОРМЕТ (карьер) – 9 совпадений;

– Осеннем руднике ГГОК (карьер) – 6 совпадений;

– Белозерском руднике ГГОК (карьер) – 1 совпадение.

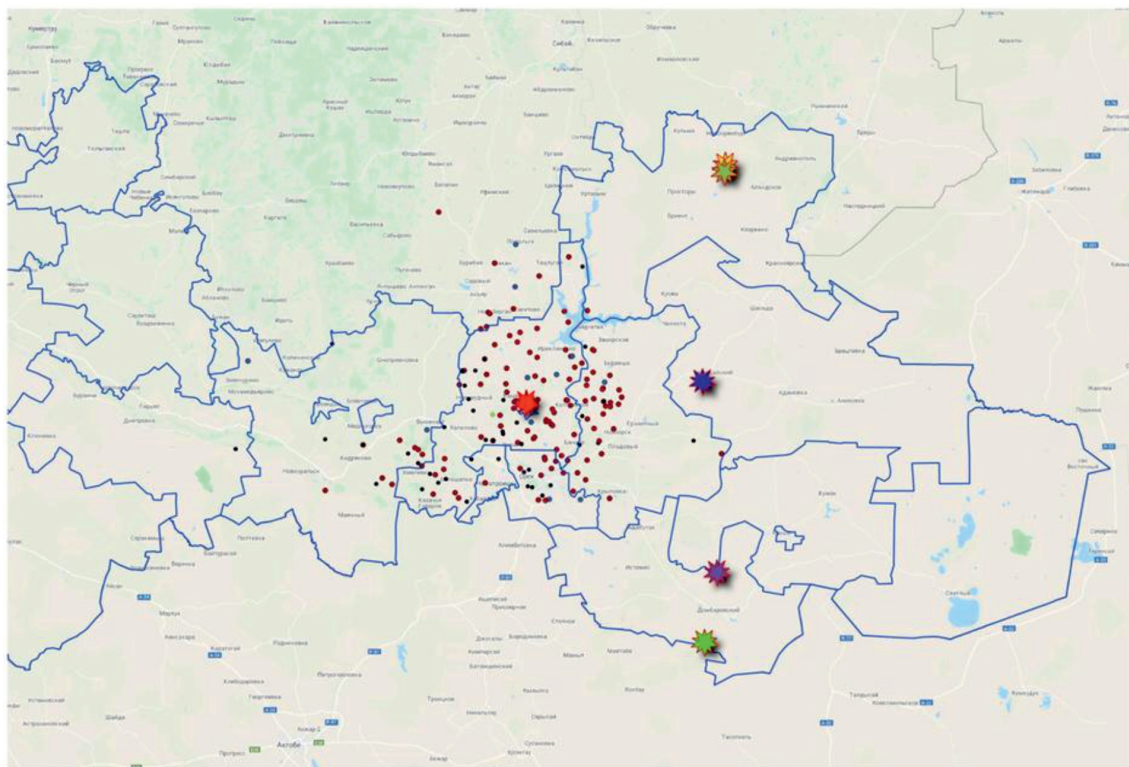
На рисунке показано расположение эпицентров сейсмических явлений на терри-

тории восточной части Оренбургской области за 2019 г.

Из приведенного анализа следует, что 74,5% геодинамических процессов спровоцировано взрывными работами на рудниках горнодобывающих предприятий, большей частью в шахтах.

Масса взрывчатого вещества, используемого при взрыве в карьере, больше, как правило, на 1–2 порядка, чем в шахте. Тем

не менее из 164 геодинамических явлений, совпадающих с взрывами в карьерах и шахтах, на взрывные работы в шахтах приходится 148 или 90,2% событий. Видимо, это связано с тем, что энергия взрыва в карьере направлена на разрыхление и выброс горных пород и большей частью уходит в атмосферу, тогда как энергия в подземном руднике, наоборот, большей частью поглощается земной корой.



*Эпицентры сейсмических явлений на территории восточной части Оренбургской области за 2019, М 1:25 000*

Условные обозначения:

- ★ – Гайский рудник (шахта);
- ★ – Джусинский рудник (шахта);
- ★ – Весенний рудник (карьер);
- ★ – Осенний рудник (карьер);
- ★ – Белозерский рудник (карьер);
- ★ – Южно-Кировский рудник (карьер);
- – эпицентр зарегистрированного сейсмособытия, совпадающего по времени с взрывом на Гайском руднике;
- – эпицентр зарегистрированного сейсмособытия, совпадающего по времени с взрывом на Джусинском руднике;
- – эпицентр зарегистрированного сейсмособытия, совпадающего по времени с взрывом на Весеннем руднике;
- – эпицентр зарегистрированного сейсмособытия, совпадающего по времени с взрывом на Осеннем руднике;
- – эпицентр зарегистрированного сейсмособытия, совпадающего по времени с взрывом на Белозерском руднике;
- – эпицентр зарегистрированного сейсмособытия, совпадающего по времени с взрывом на Южно-Кировском руднике;
- – эпицентр зарегистрированного сейсмособытия, не совпадающего по времени с взрывами на рудниках.

Скорость распространения продольных сейсмических волн в горных породах может варьировать, в зависимости от их плотности, от 0,3–0,8 км/с в рыхлых осадочных геологических отложениях с плотностью 1,2–1,7 г/см<sup>3</sup> до 7,8–8,2 км/с в ультраосновных метаморфических горных породах с плотностью 2,9–3,3 г/см<sup>3</sup> [6–8].

Неоднородность и большой разброс зарегистрированных эпицентров сейсмических явлений от рудников, на которых взрывы по времени совпадали с ними, можно объяснить сложным геологическим строением Восточного Оренбуржья с многочисленными тектоническими нарушениями и большой удаленностью (более 200 км) сейсмических станций от места событий.

Для более детального изучения всех происходящих сейсмических явлений и оценки уровня природной и техногенной сейсмической активности Оренбургский федеральный исследовательский центр УрО РАН ведет работы по созданию сети сейсмических станций на территории Гайского городского округа.

Наблюдение за геодинамической активностью позволит выявить и оценить уровень природной и техногенной сейсмичности, принять решение о дальнейшем геодинамическом мониторинге территории, сделать предварительную оценку влияния сейсмической активности территории на возникновение ЧС.

### Заключение

Выполненный в статье анализ выявил аномальную сейсмическую активность на территории Гайского городского округа и Новоорского района и показал, что две трети сейсмических событий, произошедших на этой территории, спровоцированы взрывными работами на рудниках горнодобывающих предприятий. Это указывает на необходимость выполнения мониторинга геодинамических процессов, происходящих в районе Гайского ГОКа, и проведения научных исследований геодинамического состояния недр и оценки уровня геологических рисков территории с выявленной повышенной сейсмической активностью. Особенности геологического строения восточной части Оренбургской области для проведения геодинамических наблюдений

требуют создания на этой территории сейсмологической сети, состоящей из трех-четырёх сейсмических станций.

### Список литературы / References

1. Иванова Н.А., Сафонов А.О. Структурно-тектоническое строение предуральского прогиба в границах Оренбургской области // Недр Поволжья и Прикаспия. 2013. № 73. С. 3–10.

Ivanova N.A., Safonov A.O. Structural and tectonic structure of the pre-Ural trough within the boundaries of the Orenburg region // Nedra Povolzh'ya i Prikaspiya. 2013. № 73. P. 3–10 (in Russian).

2. Нестеренко М.Ю., Нестеренко Ю.М. Природно-техногенная геодинамика и сейсмическая активность восточной части Оренбургской области // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2019. № 4. 8 с.

Nesterenko M.Yu., Nesterenko Yu.M. Natural and technogenic geodynamics and seismic activity of the Eastern part of the Orenburg region // Byulleten' Orenburgskogo nauchnogo tsentra UrO RAN. 2019. No. 4. 8 p. (in Russian).

3. Нестеренко М.Ю., Карпук М.С., Цвяк А.В., Капустина О.А. Природно-техногенная геодинамика и сейсмическая активность и их влияние на объекты повышенной опасности в Оренбургской области // Проблемы анализа риска. 2018. № 15 (3). С. 32–39.

Nesterenko M.Yu., Karpyuk M.S., Tsvyak A.V., Kapustina O.A. Natural and technogenic geodynamics and seismic activity and their influence on high-risk objects in the Orenburg region // Problemy analiza riska. 2018. No. 15 (3). P. 32–39 (in Russian).

4. Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.

Puchkov V.N. Geology of the Urals and the Urals (topical issues of stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny). Ufa: Designpoligrafservis, 2010. 280 p. (in Russian).

5. Горбунов В.А., Кантемиров Ю.И. Результаты космического радарного мониторинга деформаций бортов и уступов карьеров ОАО «Гайский ГОК» и смещений земной поверхности и сооружений на промышленной площадке предприятия // Геоматика. 2013. № 2. С. 70–76.

Gorbunov V.A., Kantemirov Yu. I. Results of space radar monitoring of deformations of sides and ledges of open-pit mines of JSC «Gaisky GOK» and displacements of the earth's surface and structures at the industrial Site of the enterprise // Geomatics. 2013. No. 2. P. 70–76 (in Russian).

6. Пузырев Н.Н. Методы и объекты сейсмических исследований. Новосибирск: СО РАН НИЦ ОИГГМ, 1997. 301 с.

Puzyrev N.N. Methods and objects of seismic research. Novosibirsk: SO RAN NITS OIGGM, 1997 (in Russian).

7. Лысенко П.Ю. Оценка модулей упругости геосреды с ориентированной микротрещиноватостью методом лазерной ультразвуковой спектроскопии: Горный информационно-аналитический бюллетень. М.: Горная книга, 2013. № 11. 12 с.

Lysenko P.Yu. Estimation of elastic modulus of a geomedium with oriented micro-fracturing by laser ultrasonic spectroscopy: Gorniy informatsionno-analyticheskiy byulleten'. M.: Gornaya kniga, 2013. No. 11. 12 p. (in Russian).

8. Бондарев В.И. Основы сейсморазведки. Екатеринбург: УГГА, 2003. 332 с.

Bondarev V.I. fundamentals of seismic exploration. Yekaterinburg: UGGA, 2003. 332 p. (in Russian).