

УДК 502.3550.34.01

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

¹Белов В.С., ¹Нестеренко М.Ю., ²Зацепин Н.В., ¹Цвяк А.В.

¹Оренбургский федеральный исследовательский центр УрО РАН (Отдел геоэкологии),
Оренбург, e-mail: belov-vs@mail.ru;

²ПАО «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

¹Belov V.S., ¹Nesterenko M.Yu., ²Zatsepin N.V., ¹Tsvyak A.V.

¹Orenburg Federal Research Center, Urals branch of RAS (Department of Geoecology),
Orenburg, e-mail: belov-vs@mail.ru;

²PJSC «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 км³, а площадь поверхности – 260 км².

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 шламоохранилищ) 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.

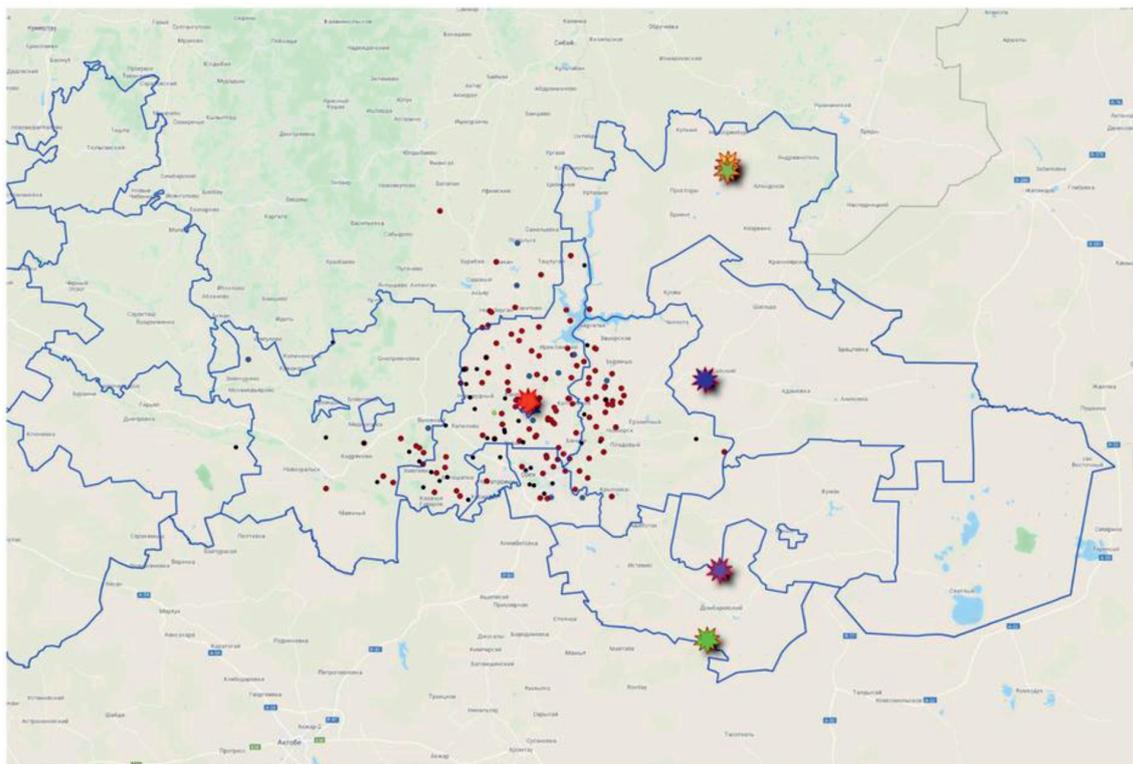
На рисунке показано расположение эпицентров сейсмических явлений на терри-

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/см³ до 7,8–8,2 км/с в ультраосновных метаморфических горных породах с плотностью 2,9–3,3 г/см³ [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).