

УДК 622.014.3:550.344(574)

Ведерников Андрей Сергеевич
младший научный сотрудник,
лаборатория технологии снижения
риска катастроф при недропользовании,
Институт горного дела УрО РАН,
620075 г. Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, 58
e-mail: avedernikov@igduran.ru

DOI: 10.25635/2313-1586.2018.04.023

Vedernikov Andrey S.
Junior Research Worker,
Laboratory for technologies
of accidents risk reduction
by subsoil management,
Institute of Mining UB RAS,
620075 Ekaterinburg,
Mamina-Sibiryaka str., 58
e-mail: avedernikov@igduran.ru

УТОЧНЕНИЕ СЕЙСМИЧНОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В «АСЕЙСМИЧНОМ» РАЙОНЕ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Аннотация:

Рассмотрена проблема природной сейсмической активности в регионах, считавшихся ранее несейсмичными, приведены результаты геофизических исследований по определению сейсмичности территорий месторождений, находящихся в несейсмичном регионе Казахстана.

Ключевые слова: сейсмичность, сейсмическое микрорайонирование, геофизические исследования, сейсмология, землетрясения

DEPOSITS SEISMICITY STUDY OF A “NONSEISMIC” REGION OF THE KAZAKHSTAN

Abstract:

Natural seismic activity problem in areas used to be considered as nonseismic has been analyzed, the results of geophysical studies to determine seismicity of deposits in the nonseismic region of Kazakhstan is shown.

Keywords: seismicity, seismic microzoning, geophysical survey, seismology, earthquakes

Введение

В настоящее время сейсмологическая обстановка на территории Республики Казахстан изучена неравномерно. Основная часть наблюдательных сейсмостанций Института геофизических исследований Национального ядерного центра Республики Казахстан (ИГИ НЯЦ РК) вполне ожидаемо расположена в самых сейсмически активных регионах страны. Схема расположения сейсмических станций показана на рис. 1. Соответственно, карта общего сейсмического районирования (ОСР) территории Республики Казахстан (рис. 2) обладает значительной изученностью и расчлененностью в регионах с наличием станций и относительной однородностью в так называемых «асейсмических» районах, где предполагается меньшая вероятность возникновения сейсмических событий. Кроме того, сейсмичность на данных картах определяется лишь от 6 баллов шкалы MSK-64. Из рис. 2 видно, что даже в этих малоизученных регионах случаются землетрясения со значительной магнитудой. И территории техногенных объектов, располагающиеся в этих районах, построенных в свое время без наличия какой-либо сейсмозащиты, нуждаются в дополнительных исследованиях на предмет возможной восприимчивости и устойчивости к потенциальным сейсмическим событиям. В частности, к таким объектам относятся горнодобывающие предприятия на севере Казахстана в окрестностях г. Рудный.

В рамках данной темы были изучены на предмет сейсмической восприимчивости территории некоторых из таких предприятий – Качарское, Куржункульское, Сарбайское и Соколовское месторождения. Все они на карте общего сейсмического районирования принадлежат региону с сейсмичностью менее 6 баллов.

Выборка из каталогов землетрясений на таких «спокойных» территориях небольшая, сейсмологическая сеть разрежена, и, соответственно, точность определения параметров зарегистрированных событий относительно низкая. С развитием сети наблюдений резко выросло количество регистраций крупных промышленных взрывов, что усложняет выделение природных событий: общее число обрабатываемых и локализуемых сейсмических событий в таких зонах доходит до нескольких тысяч в год. Из этого

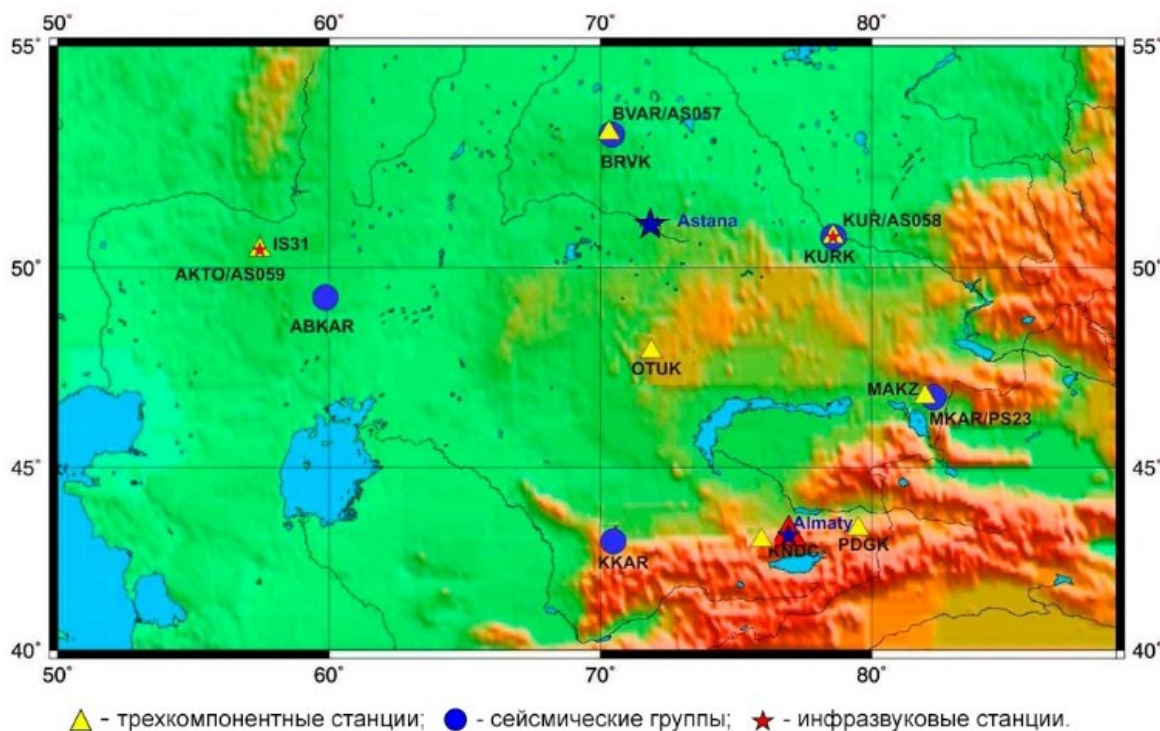


Рис. 1 – Схема расположения элементов сети наблюдательных сейсмологических станций на территории Казахстана [1]

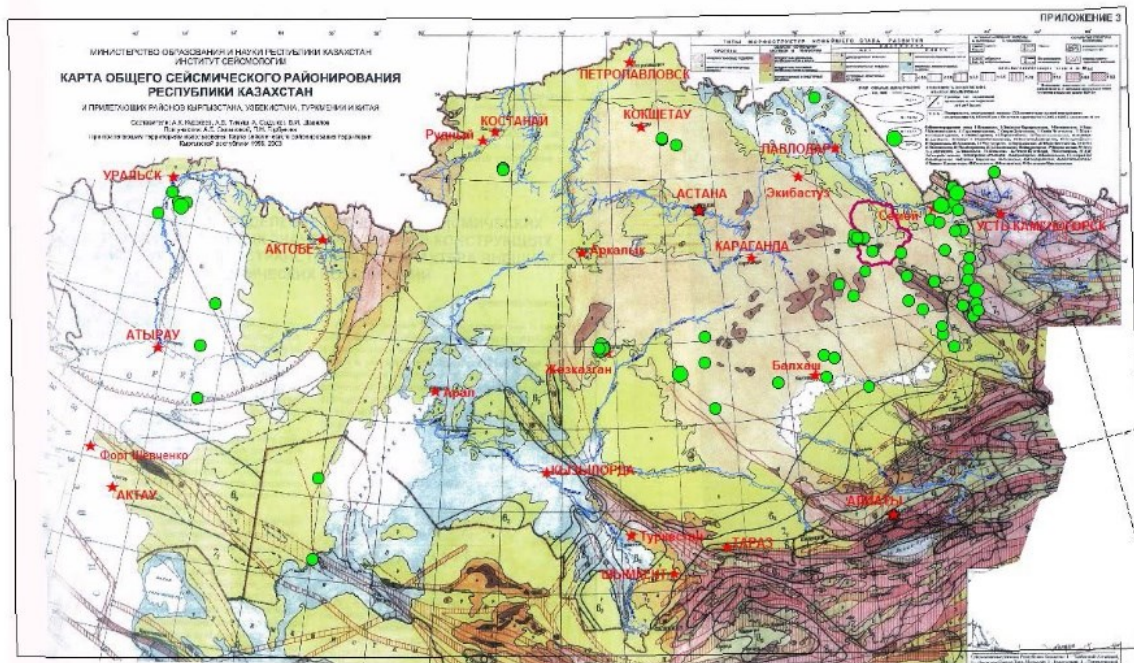


Рис. 2 – Карта общего сейсмического районирования Казахстана с эпицентрами землетрясений с магнитудами более 3 в “асейсмичных” районах (зеленые окружности) [2]

числа большая часть связана не с природной сейсмичностью, а с промышленными взрывами на карьерах (реже подземных рудниках). Часто взрывы и землетрясения близки по местоположению. Для составления каталогов землетрясений необходима точная иденти-

фикация природы регистрируемых событий. Более 10 лет сотрудники ИГИ НЯЦ РК занимаются проблемой выявления источника сейсмических событий [3, 4]. Поскольку этот процесс продолжается, в каталогах могут присутствовать записи о природных событиях, которые в действительности могут являться мощными промышленными взрывами [5 – 7]. Однако воспользуемся допущением, что массовые взрывы на шахтах и карьерах даже ближе к дневной поверхности менее опасны в силу того, что являются запланированными и рассчитанными.

Исходные данные

Среди отобранных из каталогов записей магнитуда землетрясений изменяется в небольшом диапазоне – от 2,5 до 3,8. Очаг землетрясения, за некоторыми исключениями, находился на глубине порядка 10 км.

В рамках предварительных исследований была произведена оценка интенсивности возможных сейсмических событий по формуле Н. В. Шебалина [8]:

$$I = 1,5 \cdot M - 3,5 \cdot \lg \sqrt{\Delta^2 + h^2} + 3,$$

где M – магнитуда; Δ – расстояние от точки наблюдения; h – глубина очага; 1,5; 3,5; 3 – рекомендуемые константы для региона.

Для расчетов были выбраны три значения глубины очага – 5, 10 и 15 км. Максимальная магнитуда из зарегистрированных в каталоге – 3,8. Расчет был произведен с расстоянием от точки наблюдения от 0 до 100 км с шагом 10 – 20 км. Результаты вычислений для максимального расчетного землетрясения (МРЗ) приведены в табл. 1.

Таблица 1

Рассчитанная интенсивность для максимального расчетного землетрясения

Расстояние от точки наблюдения, км	Глубина очага, км		
	5	10	15
0	6,3	5,2	4,6
10	5,0	4,7	4,3
20	4,1	4,0	3,8
30	3,5	3,5	3,4
40	3,1	3,0	3,0
60	2,5	2,5	2,4
80	2,0	2,0	2,0
100	1,7	1,7	1,7

В табл. 2 приведены результаты вычислений для проектного землетрясения (ПЗ), в данном случае магнитуда M берется на единицу меньше, то есть $M=2,8$.

Таблица 2

Рассчитанная интенсивность для проектного землетрясения

Расстояние от точки наблюдения, км	Глубина очага, км		
	5	10	15
0	4,8	3,7	3,1
10	3,5	3,2	2,8
20	2,6	2,5	2,3
30	2,0	2,0	1,9
40	1,6	1,5	1,5
60	1,0	1,0	0,9
80	0,5	0,5	0,5
100	0,2	0,2	0,2

Из табл. 1 и 2 видно, что в случае гипотетического возникновения наихудшего из возможных событий на глубине 5 км непосредственно под, например, Соколовским карьером, максимальная интенсивность для МРЗ на дневной поверхности составит 6,3 балла, для ПЗ – 4,8 балла. Так как значения МРЗ используются лишь для особо ответственных объектов повышенной опасности (например, атомных станций), в дальнейших расчетах были использованы значения, полученные для проектного землетрясения.

Геофизические исследования

Для уточнения сейсмологической обстановки были проведены натурные геофизические исследования территорий предприятий.

Сведения о свойствах пород верхней части разреза (скорости продольных и поперечных волн, мощности рыхлых отложений) на исследуемой территории были получены в результате проведения сейсморазведочных работ методом преломленных волн (МПВ) по стандартной методике.

Определение скоростей необходимо для вычисления приращений сейсмической интенсивности ΔI методом сравнения сейсмических жесткостей пород. Кроме скоростей распространения упругих волн, данная величина зависит от плотности пород и степени их обводненности [9, 10]. Расчет производится согласно СН РК 1.02-02-2016 (РСН 65-87). Результаты расчетов приведены в табл. 3.

При выполнении сейсмологических исследований были произведены записи микросейсмического фона. Всего была произведена запись на более чем 30 точках с длительностью от 4 до 16 часов, что явилось достаточным для определения приращения сейсмической интенсивности на площадке исследований.

При рассмотрении записей микросейсм применялся метод Ютаки Накамуры, в основе которого лежит анализ отношений спектров горизонтальных компонент сигнала (H) к спектрам вертикальных компонент (V) и получение спектральной характеристики H/V , являющейся основной в данном методе [11]. Метод позволяет компенсировать спектральные компоненты колебаний, являющиеся техногенным шумом, и получать более надежные результаты при выполнении микросейсмического районирования в условиях высокого уровня техногенных шумов. Данный метод позволяет сделать выводы об амплитудно-частотных характеристиках исследуемых грунтов и наличии резонансных частот. Результаты расчетов по методу Накамуры приведены в табл. 3.

В табл. 3 «№ ПК» – это номер точки регистрации микросейсм, некоторые из которых совпадали с местоположением профилей сейсморазведочных работ. Далее $\Delta I_{сж}$ и $\Delta I_{мс}$ – это приращения к исходной сейсмической интенсивности, рассчитанные, соответственно, из результатов определения скоростей сейсморазведочными работами (метод сейсмических жесткостей) и из результатов регистрации микросейсмических колебаний массива пород. Итоговое приращение $\Delta I_{итог}$ согласно консервативному подходу определяется путем выбора наихудшего (наибольшего) значения приращения для конкретной точки.

По картам распределения итоговых приращений на территориях предприятий были выделены наименее устойчивые участки, не рекомендованные для увеличения эксплуатационной нагрузки.

Отталкиваясь от полученного ранее значения максимальной интенсивности для проектного землетрясения в исходные 4,8 балла и вводя поправки из табл. 3, получим следующие результаты.

Для Качарского месторождения максимальная ожидаемая балльность землетрясения составляет 5,4 балла; для Куржункульского месторождения – 5,3 балла; для территории Соколовского карьера – 5,9 балла; для территории шахты Соколовская – 5,6 балла; для территории Сарбайского карьера – 5,5 балла. Схематично результаты изображены на рис. 3, на котором видно, что территория Рудненской группы месторождений более сейсмична, чем территории Качарского и Куржункульского месторождений.

Таблица 3

Результаты расчета приращений сейсмической интенсивности

№ ПК	$\Delta I_{сж}$, балл	$\Delta I_{мс}$, балл	$\Delta I_{итог}$, балл	№ ПК	$\Delta I_{сж}$, балл	$\Delta I_{мс}$, балл	$\Delta I_{итог}$, балл
Качарское месторождение							
1	+0,2	+0,2	+0,2	8		-0,1	-0,1
2	+0,5	+0,2	+0,5	9		+0,2	+0,2
3		+0,2	+0,2	10		+0,1	+0,1
4		+0,3	+0,3	11		+0,4	+0,4
5		+0,3	+0,3	12		$\pm 0,0$	+0,1
6		+0,3	+0,3	13	+0,6	+0,4	+0,6
7		+0,1	+0,1				
Куржункульское месторождение							
14	+0,3	+0,3	+0,3	17		+0,2	+0,2
15		+0,3	+0,3	18		+0,5	+0,5
16		+0,2	+0,2	19	+0,2		+0,2
Соколовский карьер							
22	+0,4	+0,9	+0,9	27		$\pm 0,0$	$\pm 0,0$
23	+0,7	+0,6	+0,7	30		+1,1	+1,1
26		+0,5	+0,5	31	+0,4		+0,4
Шахта Соколовская							
20		+0,3	+0,3	28		+0,4	+0,4
21	+0,3	+0,4	+0,4	29	+0,7	+0,6	+0,7
25	+0,7	+0,8	+0,8	32	+0,3		+0,3
Сарбайское месторождение							
33		+0,4	+0,4	36	+0,3	+0,3	+0,3
34	+0,7	+0,5	+0,7	37		$\pm 0,0$	$\pm 0,0$
35		+0,1	+0,1	38	+0,4		+0,4

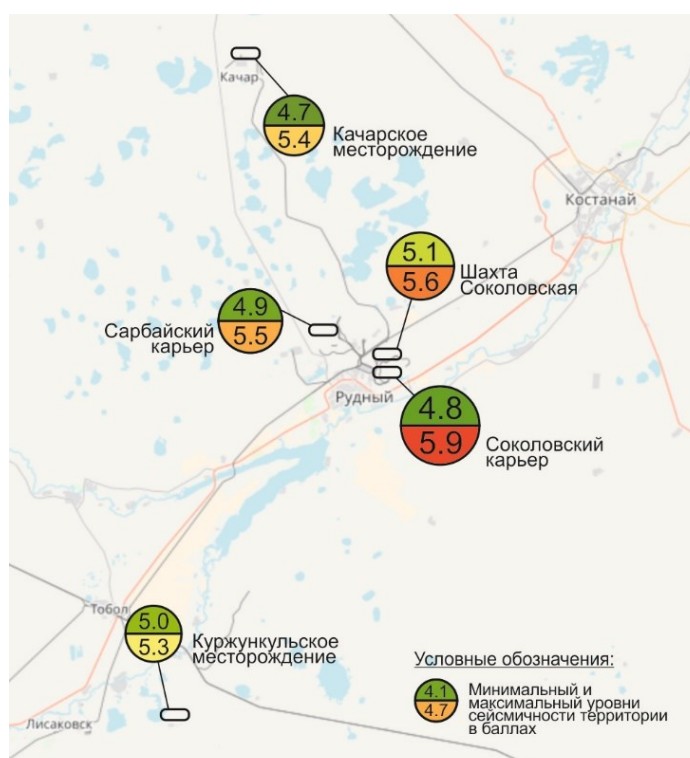


Рис. 3 – Схематичная карта итоговой сейсмичности рассматриваемой территории

Заключение

Согласно СНиП РК 2.03-30-2006 «Строительство в сейсмических районах. Нормы проектирования», при сейсмичности менее 6 баллов не возникает каких-либо дополнительных требований к строительным конструкциям. Следовательно, с точки зрения сейсмической устойчивости, риски для горнодобывающих объектов незначительны. Однако близость полученных значений к 6 баллам в ряде случаев, особенно на месторождениях вблизи г. Рудный, говорит о необходимости усиления контроля за слабосейсмичными территориями, в том числе путем увеличения количества узлов сети сейсмологических станций и более детального изучения регионов Республики Казахстан, обозначенных на картах ОСР как регионы с сейсмичностью «менее 6 баллов».

Литература

1. Казахстанский национальный центр данных [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.kndc.kz>
2. Михайлова Н.Н. Землетрясения в «асейсмичных» районах Казахстана / Н.Н. Михайлова, И.Н. Соколова, А.Е. Великанов // Мониторинг ядерных испытаний и их последствий: сборник материалов IV междунар. науч.-практ. конф. - Алматы, 2012. - С. 178 - 182.
3. Идентификация промышленных взрывов при оценке сейсмической опасности слабосейсмичных районов Казахстана / Н.Н. Михайлова, А.Е. Великанов, И.Н. Соколова, И.Л. Аристова, Г.С. Султанова, А.С. Мукамбаев // Вестник национального ядерного центра Республики Казахстан. - 2012. – Вып. 1. - С. 68 - 73.
4. Интернет-каталог Международного Сейсмологического Центра ISC [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.isc.ac.uk>
5. Интернет-каталог ГУ «Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция» КН МОН РК [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.some.kz/>.
6. Единая геофизическая служба Российской академии наук: Интернет-каталог Федерального исследовательского центра [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ceme.gsras.ru/>.
7. Шебалин Н.В. Методы использования инженерно-сейсмологических данных при сейсмическом районировании // Сейсмическое районирование СССР. - М.: Наука, 1968. - С. 95 - 111.
8. Ведерников А.С. Опыт проведения геофизических исследований при сейсмомикрорайонировании территорий особо ответственных объектов / А.С. Ведерников, Д.В. Григорьев, П.И. Зуев // XV Уральская молодежная научная школа по геофизике: сборник докладов. – Екатеринбург: ИГФ УрО РАН. - 2014. - С. 56 - 60.
9. Харисов Т.Ф. Особенности ликвидации ствола шахты им. С.М. Кирова Турьинского медного рудника / Т.Ф. Харисов, А.Л. Замятин, А.С. Ведерников // Проблемы недропользования. - 2015. - № 2. - С. 19 - 24. DOI: 10.18454/2313-1586.2015.02.019
10. Nakamura Y. A. Method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground / Y. A. Nakamura // QR RTRI. - 1989. - Vol. 30. - P. 25 - 33.