

УДК 550.343.4:553.31

СЕЙСМИЧЕСКОЕ МИКРОРАЙОНИРОВАНИЕ ПРОМПЛОЩАДОК ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТА ПО ОТРАБОТКЕ ЖЕЛЕЗНОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ТАЕЖНОЕ»

Федоров А.А., Сясько А.А.*Технический институт (филиал), ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет
имени М.К. Аммосова», Нерюнгри, e-mail: aan.fedorov@s-vfu.ru*

Данная статья подробно рассматривает вопрос сейсмического микрорайонирования промплощадок при разработке проекта по отработке железнорудного месторождения «Таежное». Сейсмологические работы проведены методами регистрации микросейсм и сейсмических жесткостей. По результатам расчетов построены планы изолиний приращения интенсивности сейсмического воздействия по каждому из методов. На основе схемы разрывных нарушений и комплексного анализа инженерно-геологических, геоморфологических и геофизических данных произведено выделение таксонометрических единиц. В пределах каждой таксонометрической единицы произведено вычисление среднего приращения балльности по каждому методу. По результатам проведенных расчетов построены карта приращений сейсмического воздействия и карта сейсмического микрорайонирования, в которых отображены сейсмические параметры грунтов, относящиеся к моменту проведения работ, прогнозируемые для территорий активного развития естественных или техногенных процессов, а также вероятностные количественные характеристики колебаний грунтов с указанием глубины, к которой они относятся.

Ключевые слова: железнорудное месторождение «Таежное», сейсмическое микрорайонирование, метод регистрации микросейсм, метод сейсмических жесткостей, выделение таксонометрических единиц, интенсивность сейсмических воздействий

THE SEISMIC MICROZONING OF INDUSTRIAL SITES WHEN DEVELOPING THE PROJECT ON MINING OF IRON ORE DEPOSITS «TAEZHNOE»

Fedorov A.A., Syasko A.A.*Technical Institute (branch), North-Eastern Federal University, Nerungry, e-mail: aan.fedorov@s-vfu.ru*

This article examines in detail the question of seismic microzoning of industrial sites during the project development on mining of iron ore deposit «Taezhnoe». The seismological works carried out by methods of microseismic and seismic impedance registration. According to the results of calculations the movement's contours of seismic impact intensity plans are built for each of the methods. On the basis of the scheme of faults and a comprehensive analysis of engineering-geological, geomorphological and geophysical data the picking of taxonomic units are produced. Within each taxonomic unit the calculation of the average amplification for each method are produced. According to the calculations' results the increments' map of the seismic impact and the seismic zoning map are built, which displayed the seismic parameters of the soil related to the time of the works projected for the areas of active development of natural or man-made processes and probabilistic quantitative characteristics of ground motion with depth indication to which they relate.

Keywords: iron ore deposit «Taezhnoe», seismic microzoning, registration method of microseisms, the method of seismic impedance, picking of taxonomic units, the intensity of seismic impacts

Применение сейсмических исследований позволяет взглянуть на изучаемую геологическую среду с разных сторон. Это создает возможности для получения более объективной информации об инженерно-геологических параметрах среды, снижения финансово-экономических затрат при планировании и строительстве промышленных площадок.

Цель исследования – на основе прямых инструментальных наблюдений и расчетных методов выполнить прогнозирование приращения сейсмических воздействий, получить полный набор характеристик, необходимых для планирования.

Основной задачей проводимых исследований является выделение в пределах изучаемого района участков с различной сейсмичностью. По величине сейсмичность может

отличаться от исходной за счет грунтовых, гидрогеологических и мерзлотных условий на один и более баллов [6]. В методическом отношении эта задача решена путем интерпретации экспериментального материала, полученного путем прямых измерений и проведением аналитических расчетов.

Сейсмическому микрорайонированию (СМР) предшествовало детальное сейсмическое районирование (ДСР), целью которого было уточнение исходной сейсмичности. Установленный этими исследованиями уровень сейсмической угрозы для объекта, составивший 7 баллов по карте ОСР-97В, принят за уточненный балл при построении карты приращений интенсивности сейсмических воздействий [1]. К аналогичным выводам приводят результаты исследований

авторов [3, 4, 8, 9] при производстве палеосейсмологических и геофизических исследований Южно-Якутского надвига и Становой системы разломов. На рис. 1 приведен фрагмент карты ОСР-97В с уточнениями по результатам работ ДСР.

Методы исследования, выполненные на участке, разделяются на две группы.

Методы, применяемые для уточнения геологического строения территории исследований. По результатам интерпретации этих методов получены данные, необходимые для дальнейших расчетов: мощность дисперсных пород и локализация разрывных нарушений в пределах площади работ.

К этой группе относятся сейсморазведка КМПВ, электрическое зондирование ДОЗ и георадиолокационное профилирование.

Методы, данные которых используются непосредственно для расчетов прогнозируемого приращения интенсивности сейсмического воздействия. К этой группе относятся сейсморазведка КМПВ и метод регистрации микросейсм.

Задачей первой очереди, решаемой при обработке данных методов первой группы, является задача выделения в пределах участка исследований таксонометрических единиц, однородных по реакции на сейсмические воздействия [2].

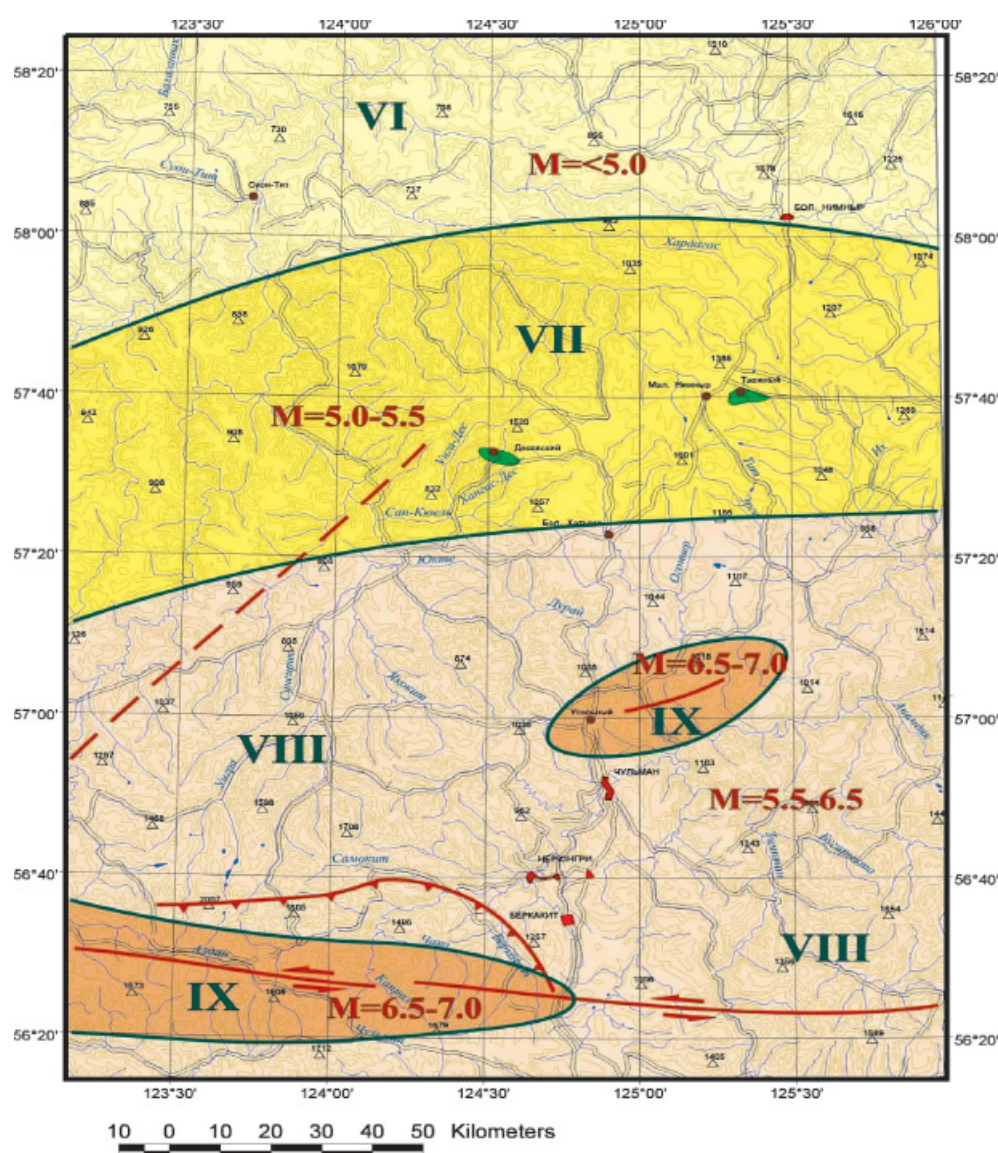


Рис. 1. Уточненная карта сейсмического районирования района площадок строительства Десовское и Таежное. Красным цветом показаны сейсмогенерирующие разломы (Южно-Якутский надвиг и северная ветвь Становой системы разломов). Зеленым цветом обведены контуры зон ВОЗ соответствующей магнитуды в диапазоне $M = 5,0-5,5...6,5-7,0$. Римскими цифрами указана интенсивность в баллах по шкале MSK-64

При выделении таксонометрических единиц произведен комплексный анализ инженерно-геологических, геоморфологических и геофизических данных [3–5].

Для выделенных таксонометрических единиц произведено вычисление прогнозируемого приращения интенсивности сейсмического воздействия.

Фактически для решения задач тектонического и таксонометрического районирования интерес представляют планы изолиний приращения интенсивности сейсмического воздействия, построенные по данным метода сейсмических жесткостей и по данным метода регистрации микросейсм.

Рассмотрение имеющихся данных позволяет сделать вывод о достаточной степени достоверности тектонических построений и возможности использования предложенной схемы предполагаемых разрывных нарушений при выделении таксонометрических единиц в пределах участка сейсмического микрорайонирования.

При выделении таксонометрических единиц во внимание принимались все исходные данные: геоэлектрические свойства разреза, сейсмические характеристики, геоморфологические данные [7].

В качестве основы классификации приняты планы изолиний приращения интенсивности сейсмического воздействия по данным метода сейсмической жесткости и метода регистрации микросейсм. В пределах планов изолиний были выделены участ-

ки, в границах которых характеристики интенсивности сейсмического воздействия изменялись незначительно.

Уточнение границ участков производилось при совмещении выделенных таксонометрических единиц с погоризонтными планами ДОЗ и КМПВ.

На завершающем этапе участки были совмещены с рельефом дневной поверхности (рис. 2). Каких-либо изменений в конфигурацию таксонометрических единиц вносить не пришлось – геоморфологические характеристики в пределах таксонометрических единиц изменялись в малой степени.

На рис. 3 приведён план приращения интенсивности сейсмических воздействий, построенный по результатам обработки данных регистрации микросейсм. При вычислениях использованы результаты расчетов по формуле

$$\Delta J = 2 \lg(A_{\max 1} / A_{\max 2})$$

с привлечением данных базовой сейсмологической станции.

Помимо оценки приращения интенсивности сейсмических воздействий на дневной поверхности, метод сейсмических жесткостей позволяет оценить изменение интенсивности при снятии верхнего слоя рыхлых отложений.

При определении прогнозируемой интенсивности сейсмического воздействия произведено осреднение показателей интенсивности в пределах каждой таксонометрической единицы.

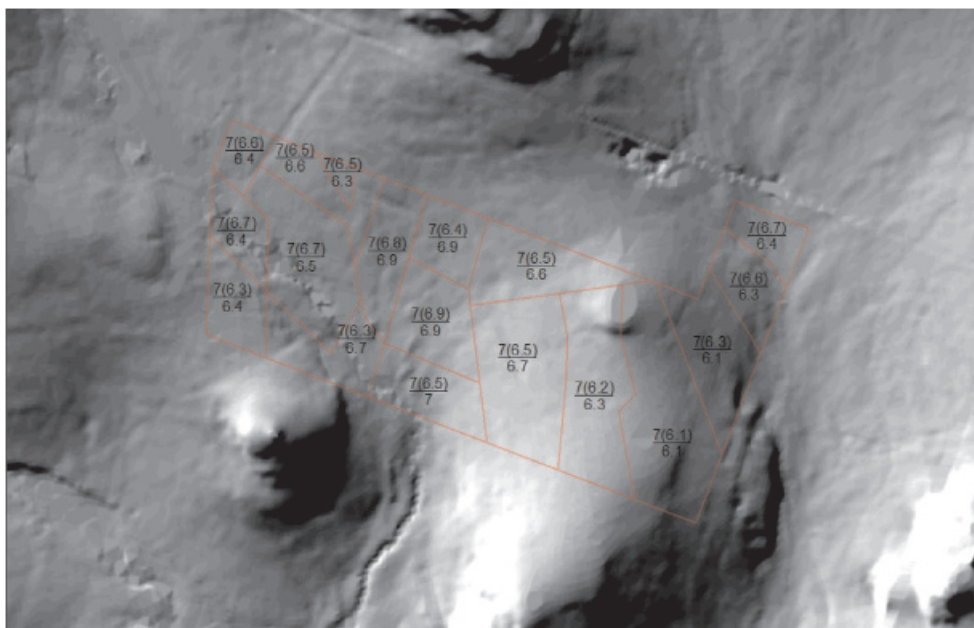


Рис. 2. Положение таксонометрических единиц на рельефе дневной поверхности

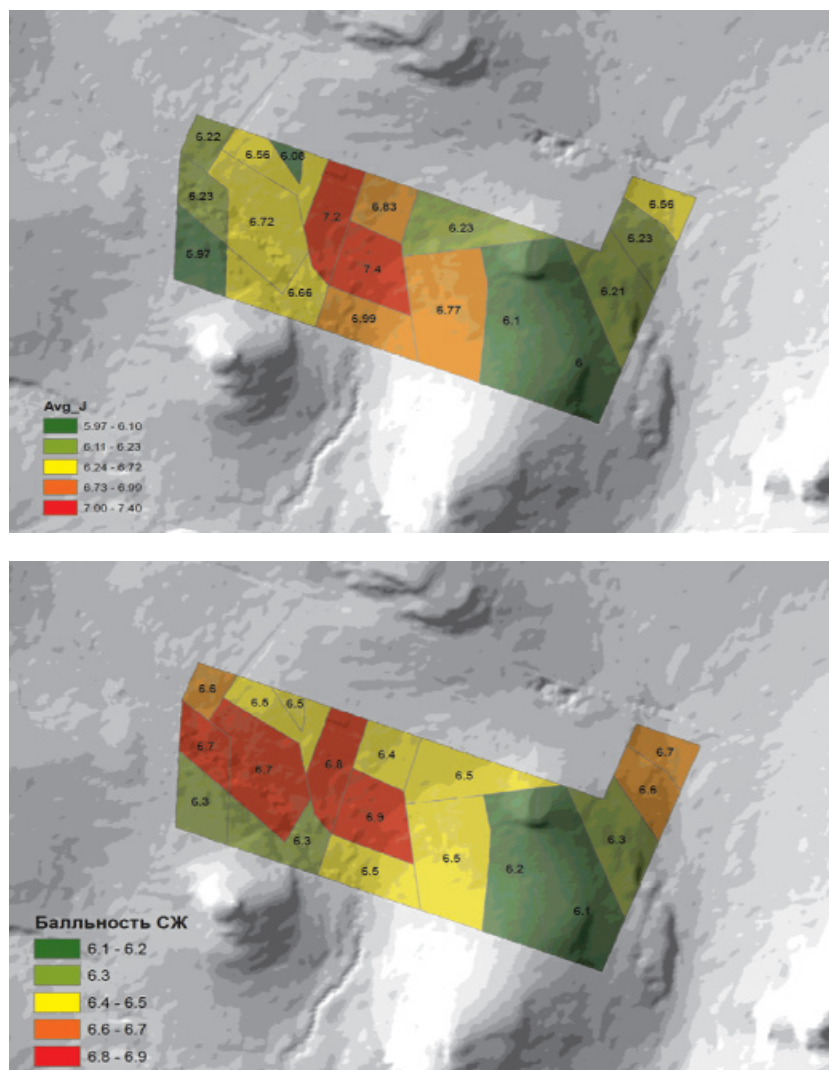


Рис. 3. План прогнозируемой интенсивности сейсмического воздействия по данным методов регистрации микросейсм (вверху) и сейсмических жесткостей (внизу)

Несколько меньший уровень изменения интенсивности сейсмических воздействий по данным метода сейсмических жесткостей можно объяснить относительно высокими скоростями распространения упругих волн в целом по изучаемому разрезу, в то время как расчетная формула применена для грунтов второй категории (на балл меньше фактического) [7].

Определение резонансного периода колебаний грунтовой толщи выполнено по формуле

$$T_{\text{рез}} = 4H/VS \cdot (2n - 1),$$

где $T_{\text{рез}}$ – резонансный период колебаний грунтовой толщи; VS – скорость распространения поперечных (сдвиговых) сейсмических волн; n – форма колебаний.

На рис. 4 приведена гистограмма распределения резонансных частот колебаний

грунтовой толщи мощностью 30 м и гистограмма частот спектра отклика по данным метода регистрации микросейсм. Очевидно, что частоты имеют выраженное двумодальное распределение с максимумами на значениях 12 и 19 Гц.

Показательно, что гистограмма частот спектра отклика по данным метода регистрации микросейсм полностью совпадает по частотным характеристикам с результатами расчетов собственного периода колебаний по методу сейсмических жесткостей.

По результатам проведенных расчетов построена карта сейсмического микрорайонирования (рис. 5). На карте сейсмического микрорайонирования отображены прогнозируемые изменения интенсивности сейсмического воздействия в баллах (на дневной поверхности) [5].

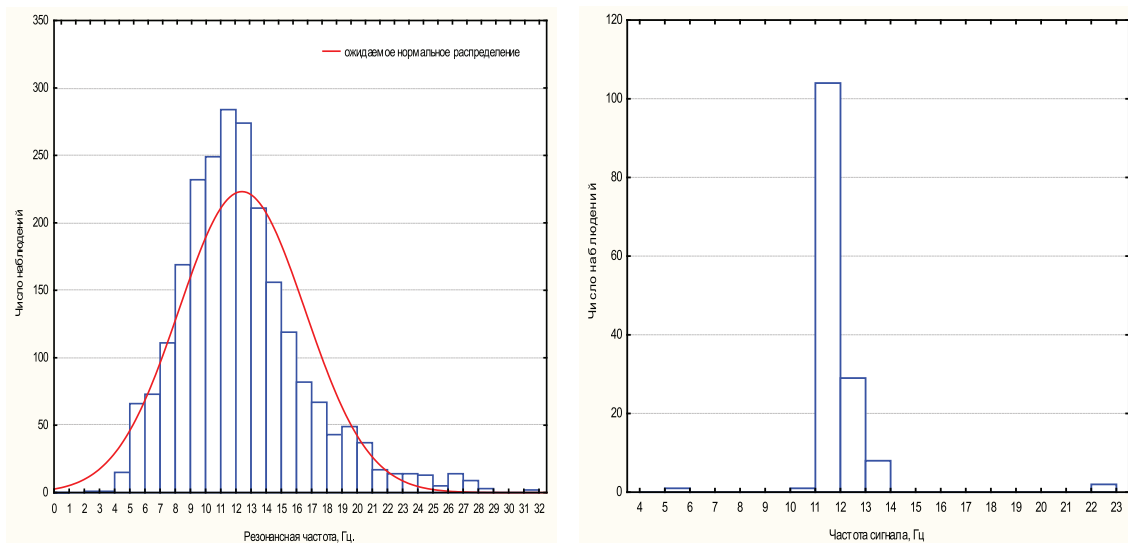


Рис. 4. Гистограмма распределения резонансных частот колебаний по методу сейсмических жесткостей (слева) и гистограмма спектра отклика по данным метода регистрации микросейсм (справа)

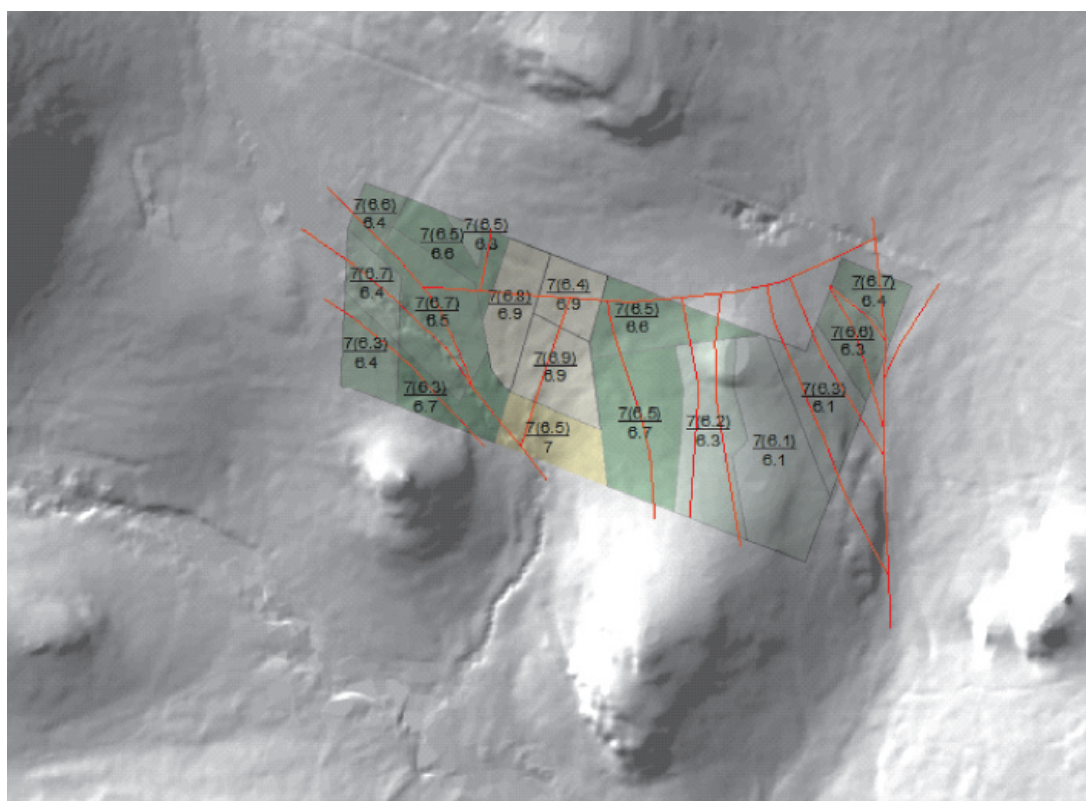


Рис. 5. Карта сейсмического микрорайонирования

На карте сейсмического микрорайонирования отображены сейсмические параметры грунтов, относящиеся к моменту проведения работ, прогнозируемые для территорий активного развития естественных или техногенных процессов, а также вероятностные количественные характеристики колебаний грунтов с ука-

занием глубины, к которой они относятся (дневная поверхность).

Сейсмическая интенсивность в баллах указана в виде дроби:

в числителе арабскими цифрами слева – по карте ОСР-97В; справа, в скобках – прогнозируемое приращение по методу сейсмических жесткостей;

в знаменателе – расчетное приращение сейсмической интенсивности (по методу регистрации микросейсм) – на дневной поверхности [5].

Цветовая окраска соответствует цветам карты сейсмического районирования ОСР-97.

Таким образом, степень сейсмической опасности данной площадки, для существующих на момент проведения изысканий грунтовых условий, оценивается в 6,52 балла (усредненный показатель) при изменении балльности по таксонометрическим единицам от 6,1 до 7,0 баллов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ, ГЗ № 1771.2014/к.

Список литературы

1. Алешин А.С. Сейсмическое микрорайонирование особо ответственных объектов. – М.: Светоч Плюс, 2010. – 304 с.
2. Медведев С.В. Инженерная сейсмология. – М.: Госстройиздат, 1962. – 234 с.
3. Овсяченко А.Н., Трофименко С.В., Мараханов А.В. и др. Детальные геолого-геофизические исследования зон активных разломов и сейсмическая опасность Южно-Якутского региона // Тихоокеанская геология. – 2009. – Т. 28. – № 4. – С. 55–74.
4. Рогожин Е.А., Овсяченко А.Н., Трофименко С.В. и др. Сейсмоструктура зоны сочленения структур Байкальской рифтовой зоны и орогенного поднятия Станового хребта // Геофизические исследования. – 2007. – № 8. – С. 81–116.
5. РСН 65-87. Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. Технические требования к производству работ. Госстрой РСФСР. – М. МосЦИТИСИЗ Госстроя РСФСР, 1987. – 26 с.
6. РСН 60-86 Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование: Нормы производства работ. Госстрой РСФСР. – М.: МосЦИТИСИЗ Госстроя РСФСР, 1986. – 32 с.
7. СНиП II-7-81. Строительные нормы и правила. Строительство в сейсмических районах. – М.: ФГУП ЦПП, 2007.
8. Ovsyuchenko A.N., Trofimenko S.V., Marakhanov A.V. et al. Source zones of strong earthquakes in southern Yakutia as inferred from paleoseismogeological data // Izvestiya Physics of the Solid Earth. – 2009. – Т. 45. – № 2. – С. 101–117.
9. Ovsyuchenko A.N., Trofimenko S.V., Marakhanov A.V. et al. Seismotectonics of the transitional region from the Baikal rift zone to orogenic rise of the Stanovoi range // Geotectonics. – 2010. – Т. – 44. – № 1. – С. 25–44.