

УДК 622.831.32

© Б.В. Лаптев, 2009

О ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ РОССИИ



Б.В. Лаптев,
д-р техн. наук,
эксперт
(ООО «НТЦ «Промышленная безопасность»)

В связи с увеличением глубины разработки карьеров, рудников и шахт, объемов выработанных пространств участились случаи катастрофических явлений в виде горных ударов, техногенных и природных землетрясений, внезапных выбросов, оползней и других явлений с сейсмическим эффектом, которые при внешнем различии имеют часто общие черты в механизме разрушения пород. Интенсификация геодинамических процессов обусловлена рядом факторов при их одновременном воздействии на геологическую среду — выемкой и перемещением в другие регионы за сотни лет огромных объемов горной массы.

Значительные по величине техногенные нагрузки вызывают негативную реакцию природной среды, и при определенном сочетании природных и техногенных факторов происходят катастрофические явления. Указанная проблема характерна для горнодобывающих предприятий всех отраслей при ведении горных работ открытым и подземным или комбинированным способами. Проблемными становятся вопросы сейсмоустойчивости горных выработок, зданий и сооружений на земной поверхности.

Наиболее удароопасными и выбросоопасными являются месторождения, расположенные на территориях Кузбасса, Урала, Кольского п-ова, Норильского промышленного р-на, Приморского края, Ростовской обл., Печорского региона. Всего на территории Российской Федерации зарегистрировано 34 удароопасных рудных месторождения.

Согласно имеющимся картам сейсмического районирования территории Российской Федерации ОРС-97 и проведенным исследованиям к наиболее сейсмоопасным регионам (при балльности более 7) относятся юг Красноярского края, Свердловская обл., Камчатка, Кузбасс, Архипелаг Шпицберген, Ставропольский край, о-в Сахалин, Магаданская обл.; к 6–7-балльным территориям — Республика Саха, Приморский край, Кольский п-ов, Приамурье.

It was noted that with mining depth and mined areas growing, occurrence of rock bumps, man-caused and natural earthquakes, sudden blowouts and other phenomena with seismic effect grew as well. It was demonstrated that intensification of geodynamical processes was conditioned by a number of facts at their simultaneous impact on geological environment.

Ключевые слова: горные удары, техногенные землетрясения, внезапные выбросы, оползни, сейсмоустойчивость промышленных сооружений.

Исторически так сложилось, что в ряде наиболее сейсмоопасных регионов велась и ведется интенсивная разработка месторождений полезных ископаемых. Здесь создается значительная дополнительная техногенная нагрузка на недра. Это относится в первую очередь к Кузбассу, Свердловской обл., Кольскому п-ову.

Кузбасс

Кузбасс — современный сейсмоактивный регион, где за последние 200 лет произошло около 12 крупных природных землетрясений с магнитудой 3,6–6,5. С меньшей магнитудой ежегодно фиксируются сотни землетрясений, большая часть которых — техногенные, связанные с активной эксплуатацией недр. Значительный рост числа таких явлений произошел в последние десятилетия.

Масштабы техногенного воздействия на геологическую среду по своим последствиям соизмеримы с катастрофическими природными явлениями. В Кузбассе интенсивная разработка полезных ископаемых ведется уже более 100 лет с концентрацией добычи на ограниченной территории. На площади, составляющей всего 27 тыс. км², разработку подземным и открытым способами осуществляют более 300 предприятий и к настоящему времени из недр уже извлечено около 10 млрд. т полезных ископаемых, а глубина работ достигла 1000 м.

Наиболее яркое проявление наведенной техногенной сейсмичности — Таштагольское землетрясение. Оно произошло 05.02.88 в 3 км от границы шахтного поля Таштагольского рудника в районе пос. Кочура силой 5–6 баллов по шкале Рихтера с сейсмической энергией $1 \cdot 10^9$ Дж. Очаг землетрясения располагался на глубине 0,8–1,5 км от земной поверхности.

Толчки меньшего энергетического класса продолжают в том же районе по настоящее время и регистрируются Таштагольской сейсмостанцией как техногенные землетрясения. Их общее количество достигло более 5000. Очаги этих землетрясений находятся на небольшой глубине (около 1,0–1,5 км), со-

измеримой с глубиной горных работ, расположены в 3,6–60 км от группы разрабатываемых месторождений Горной Шории. Количество сейсмической энергии, выделяемой при этом, изменяется в пределах $1 \cdot 10^2$ – $1 \cdot 10^9$ Дж. Вероятно, что количество сейсмических событий в Кузбассе, как природных, так и техногенных, с годами будет увеличиваться.

Недра Кузбасса отличаются сложностью тектонического строения и разнообразием горно-геологических условий залегания полезных ископаемых. Свиты мощных угольных пластов и рудных тел с углами падения от горизонтальных до вертикальных собраны в складки, интенсивно нарушены, часто сближены, газоносные, склонные к динамическим явлениям со сложной картиной распределения напряжений в массиве горных пород и превышением горизонтальной составляющей над вертикальной в 1,5–3 раза в нетронутом массиве.

На рудниках Горной Шории зафиксировано 5063 динамических явления, в том числе 4 горнотектонических удара, 18 горных ударов и 42 микроудара, остальное — стреляния.

При глубинах разработки, составляющих на угольных шахтах в среднем 800 м, на рудных — 1050 м, геодинамические явления сопровождаются значительным сейсмическим эффектом (до $2,5 \cdot 10^8$ Дж) и разрушением огромных объемов горных пород. Высвобождению в динамической форме потенциальной энергии, накапливаемой горными породами, способствует интенсивная разработка подземным и открытым способами угольных и рудных месторождений с высокой концентрацией горнодобывающих предприятий.

Значительный рост сейсмических событий отмечается с 1976 г. с момента наращивания объемов добычи угля и руды. Число динамических явлений, несмотря на применяемые региональные и локальные профилактические меры по их предотвращению, увеличилось. Горные удары в Кузбассе стали приобретать характер горнотектонических ударов, проявляющихся на значительной площади и захватывающих большие участки массива по глубине. Очаги землетрясений приблизились к границам шахтных полей, промышленным и гражданским сооружениям.

На геодинамическую обстановку в шахтах существенное влияние оказывают горные работы, которые ведутся на крупных разрезах. В Кузбассе 56 действующих шахт расположены по соседству с мощными угольными разрезами, добыча на которых составляет более 50 % общего объема. Сейсмические волны, распространяющиеся при взрыве зарядов взрывчатых веществ (ВВ) на карьерах, приводят к возникновению в породах угольных шахт знакопеременных напряжений и их разрушению.

Сейсмический эффект от промышленных (технологических) взрывов на разрезах оценивается сейсмостанциями как «события» энергетического класса

до $1 \cdot 10^{10}$ Дж. Ежегодно таких «событий» в Кузбассе регистрируется до 1000. Количество одновременно взрываемых зарядов ВВ составляет 200–500 т, а расстояние от разреза до шахт часто не превышает 1–1,5 км.

На разрезах Кузбасса в последние годы участились оползневые явления, основные причины которых — изменчивость деформационно-механических свойств пород, скопление атмосферных осадков и промышленных вод с последующим их проникновением в массив и увлажнением его, а также несоответствие фактических параметров бортов карьеров и углов откоса отвалов предельно допустимым значениям.

На шахтах и рудниках Кузбасса эксплуатируется 203 подъемные установки и 109 вентиляторных установок. Управлением по технологическому и экологическому надзору Ростехнадзора по Кемеровской области были проанализированы экспертные заключения по промышленной безопасности основных зданий и сооружений на горных предприятиях на возможность их дальнейшей эксплуатации. Установлено, что расчетный срок службы превышен у 84 поверхностных подъемных и 53 вентиляторных установок.

В результате экспертных оценок выявлено, что 7-балльной сейсмичности, к которой отнесена территория Кузбасса, не удовлетворяет сейсмоустойчивость зданий 63 подъемных и 70 главных вентиляторных установок.

Кольский полуостров

В соответствии с существующими критериями сейсмического районирования территории России Кольский п-ов считается сейсмичным районом, для которого энергия максимального землетрясения официально оценивается магнитудой до 5. К наиболее сейсмичным зонам относятся Мурманское побережье Баренцева моря и Кандалакшская Губа Белого моря. Центральная часть Кольского п-ова считается менее сейсмически активной.

Прогноз геодинамической обстановки в зоне рудников «Умбозеро» и «Карнасурт» показывает, что мощные сейсмические события с магнитудой 3–4 могут происходить раз в восемь лет и проявляться как в виде природных землетрясений в глубине массива, так и в виде горно-тектонических ударов непосредственно в горных выработках. Более мелкие сейсмические события фактически фиксируются чаще — раз в три, пять лет, иногда ежегодно.

На территории Кольского п-ова к удароопасным отнесены Хибинские и Ловозерское месторождения апатитовых руд. В удароопасных условиях ведутся горные работы на рудниках «Кировский», «Расвумчоррский», «Центральный», «Карнасурт» и «Умбозеро». Всего на апатитовых рудниках зафиксировано около 6783 сейсмических явлений, энергией до $1 \cdot 10^{10}$ Дж (2 явления), но в основном энергия достигала менее $1 \cdot 10^6$ Дж. В связи с тем, что на руднике «Централь-

ный» гор. +600 м и ниже отнесены к опасным по горным ударам, актуальными являются вопросы обеспечения устойчивости бортов карьера в условиях сейсмического воздействия от возможных динамических проявлений горного давления и от технологических массовых взрывов зарядов ВВ. Наблюдения за устойчивостью бортов карьера проводятся комплексно с использованием геодезических методов (лазерная дальнометрия, спутниковая геодезия), методов контроля напряженно-деформированного состояния пород (разгрузка, телевизионная съемка скважин).

В 2003 г. произошел один горный удар на руднике «Центральный» (11.10.03) энергией $3 \cdot 10^9$ Дж и один толчок на руднике «Кировский» (12.05.03) энергией, равной $8,5 \cdot 10^9$ Дж.

Основные динамические события (шесть) за период эксплуатации рудников «Карнасурт» и «Умбозеро» с магнитудой 1,5–4,4 пришлись на 1982–1999 гг.

Так, на руднике «Умбозеро» в блоках 1-с–3-с 17.08.99 произошел горный удар с магнитудой 4,4. Были разрушены штреки, капитальные транспортные выработки и очистные камеры на площади 600–650 тыс. м².

Региональный прогноз удароопасности осуществляется с помощью сейсмостанций, включающих кварцевые деформографы КД-3, установленные в контрольно-наблюдательных квершлагах. Для локального прогноза используются методы дискования керн на при бурении скважин. В качестве профилактических мер применяются камуфлетное взрывание зарядов ВВ и бурение разгрузочных щелей в целиках и на участках пород с повышенной напряженностью.

На территории Кольского п-ова все здания и сооружения построены с учетом 5-балльной сейсмичности, без учета реальной сейсмичности региона, равной 6–7 баллов, сейсмических воздействий от горных ударов и массовых взрывов зарядов ВВ. Исследования специалистов ряда институтов показали, что общая устойчивость дамб хвостохранилищ обогатительных комплексов обеспечивается при сейсмическом воздействии в 7 баллов.

Остров Сахалин, Республика Саха, Архипелаг Шпицберген

На о-ве Сахалин с 1924 г. зарегистрировано 41 природное землетрясение в 6–7 баллов; на территории Республики Саха (Якутия) и в приграничных районах в 2000–2003 гг. произошло 53 природных землетрясения интенсивностью 6–7 баллов: в среднем около 13 явлений в год; на Камчатке землетрясения природного характера силой 4–5 баллов происходят ежегодно.

Архипелаг Шпицберген и прилегающие территории характеризуются высоким уровнем сейсмической активности. Большей частью землетрясения происходят в рифтовой зоне к западу от архипелага и в районе Северо-Восточной Земли с магнитудой до 6, ино-

гда в пос. Баренцбург — на площади шахтного поля рудника, что позволяет сделать предположение о их техногенном происхождении.

Среднее Предуралье

Особо следует остановиться на «наведенной», техногенной сейсмичности территорий, ранее не считавшихся сейсмоактивными, например, территории Среднего Предуралья, Западно-Сибирской низменности.

Согласно «Карте общего сейсмического районирования Северной Евразии» (ОРС-97-С) территория Среднего Предуралья, на которой располагается Березниковско-Соликамский промышленный район, относится к наиболее сейсмически активной в области сочленения Восточно-Европейской платформы и Урала и попадает в зону 6-балльной сейсмичности по 12-балльной шкале для средних грунтов.

За последние 15 лет на территории отмечается резкое усиление техногенных геодинамических процессов. Главная причина этого — аномально высокий уровень техногенной нагрузки на недра. В пределах относительно небольшой площади интенсивно разрабатываются Верхнекамское месторождение калийно-магниевых солей, месторождения нефти, строительных материалов, эксплуатируются водозаборы и крупные гидротехнические сооружения и инженерные объекты. Только при разработке Верхнекамского месторождения ежегодно извлекается до 30 млн. т калийных солей.

Первое землетрясение силой 4 балла зарегистрировано 25.10.93 с эпицентром в 2–5 км юго-западнее затопленного рудника БКПРУ-3 и в 7 км северо-западнее разрабатываемого с 1981 г. Уньвинского месторождения нефти. Глубина очага 4,2 км, т.е. гипоцентр приурочен к кровле кристаллического фундамента. Землетрясение силой 4 балла с эпицентром в контуре шахтного поля рудника БКПРУ-2 произошло 09.10.97. В обоих случаях четкой связи между техногенной нагрузкой на недра и происшедшими явлениями не установлено.

Свердловская область

В Свердловской обл. к числу наиболее удароопасных относятся Североуральские бокситовые месторождения. Первое динамическое проявление горного давления зарегистрировано здесь в 1970 г. — горный удар на глубине 350 м при камерно-столбовой системе разработки месторождения. В настоящее время на шахтах «Севуралбокситруда» ежегодно фиксируется до 1400 сейсмических явлений энергией $1 \cdot 10^2$ – $1 \cdot 10^8$ Дж.

В Нижне-Тагильском регионе к удароопасным относится Естюнинское месторождение (порфириды), приуроченное к Тимано-Кокчетавской тектонической зоне. При разработке месторождения зафиксировано 25 геодинамических явлений, которые в ряде случаев вызывают разрушения пород в горных выработ-

ках и сотрясение земной поверхности, сопровождающиеся частичными повреждениями в секторе жилой застройки. На других потенциально удароопасных месторождениях региона (Гороблагодатское, Березовское и др.) опасные динамические явления не фиксировались.

К наиболее опасным по криповым деформациям относятся карьеры, разрабатывающие Гусевогорское месторождение, расположенное на границах Главного Уральского разлома. Именно к крупным тектоническим зонам сдвигового типа приурочены оползневые деформации в бортах Главного карьера Качканарского ГОКа. Для предотвращения оползневых явлений проводятся исследования и прогноз устойчивости бортов карьеров с последующей корректировкой проектов отработки балансовых запасов полезного ископаемого.

На основании выводов, сделанных сейсмологами Уральского региона, здания и сооружения шахтных комплексов спроектированы и построены с учетом только вибрационного влияния на них взрывных работ без оценки возможного воздействия сейсодинамических явлений.

Печорский регион

На горных предприятиях региона в 1998–2003 гг. зафиксировано два газодинамических явления с последующей вспышкой газа на шахтах «Центральная» и «Комсомольская» ОАО «Воркутауголь».

Авария на шахте «Центральная» произошла в забоях конвейерного и рельсового штреков. В результате внезапного выброса угля и газа было разрушено 9,5 км выработок, 26 вентиляционных перемычек, пострадали 32 человека. В связи с неперспективностью шахта в настоящий момент ликвидирована.

Аналогичная по своим катастрофическим последствиям авария произошла на шахте «Комсомольская» (15.07.98). Причины — горно-тектонический удар в глубине массива пласта Мощного, вспышка газа и угольной пыли.

Наиболее остро в настоящий момент для Воркутского угольного месторождения стоит вопрос о геодинамической безопасности при затоплении ряда шахт в северной части месторождения и последующей безопасной эксплуатации соседних шахт.

Профилактические мероприятия по сейсмоустойчивости зданий наземных сооружений главных вентиляторных установок, подъемных машин, стволов, уступов карьеров, плотин шламоотходов, гидроотстойников, направленные на обеспечение деятельности горных предприятий, не разрабатывались в связи с отсутствием официально установленных требований по данному вопросу.

Приморский край

В Приморском крае по динамическим явлениям в виде горных ударов наибольшую опасность пред-

ставляют угольные шахты Партизанска. Здесь в 1955–1991 гг. зарегистрировано 54 горных удара, в том числе на шахте «Центральная» ООО «Сучануголь» — 33, что послужило причиной ее закрытия. Оползневые явления в уступах и бортах разрезов происходили при разработке угольных месторождений открытым способом на разрезах «Лучегорский» и «Новошахтинский».

Профилактические мероприятия по сейсмоустойчивости зданий наземных сооружений главных вентиляторных установок, подъемных машин, уступов карьеров, плотин шламоохранилищ, гидроотстойников, направленные на обеспечение жизнедеятельности предприятий, часто не разрабатываются, горно-геологические обоснования для подрабатываемых зданий и сооружений не составляются.

Красноярский край

Геолого-геофизическое строение Алтае-Саянской сейсмической зоны в отношении сейсмичности изучено недостаточно. Согласно СНиП 11-7—81 «Строительство в сейсмических регионах» (1982 г.) и картам сейсмического районирования ОРС-97 (А, В, С) район Красноярской агломерации относится к 6–7-балльной зоне. Строительные нормы требуют выполнения специальных проектных и технологических решений при строительстве зданий и сооружений, что редко реализуется на практике.

В южной сейсмоопасной зоне располагается более 1900 предприятий, эксплуатирующих около 4360 опасных объектов, в том числе 129 предприятий горного профиля, которые при воздействии на них землетрясений могут стать источником катастрофической опасности. На юге края расположено 18 городов, в которых эксплуатируется 80 химически опасных объектов. В зонах возможного поражения при авариях на таких объектах может оказаться территория с населением 1600 тыс. человек.

Активизация процессов деформации в природной среде в районе рек Енисей, Кан может вызвать разрушительные последствия.

Необходимо уточнить карты сейсмического районирования Красноярского края для оценки сейсмической опасности и сейсмического риска от воздействия землетрясений на опасные объекты, производственную и социальную инфраструктуру края. На основе сейсмического районирования следует рассчитать сейсмическую устойчивость промышленных объектов.

В связи с изложенным, целесообразно силами научных, проектных организаций совместно с производственными предприятиями и государственными контролирующими ведомствами разработать комплексную программу по предотвращению негативных воздействий на промышленные и гражданские объекты природных и возможных техногенных землетрясений.

laptev@mail.ru