

УДК 622:061.6

ВКЛАД ИНСТИТУТА «ВНИПИПРОМТЕХНОЛОГИИ» В РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ГЕОМЕХАНИКИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВЫСОКОЦЕННОГО СЫРЬЯ



Д. В. ВЕЛИЧКО,
ведущий инженер, Velichko.D.V@vnipipt.ru



А. М. ИОФФЕ,
начальник научно-исследовательской лаборатории
совершенствования горно-технологических
процессов добычи, канд. техн. наук



А. В. СЕЛЕЗНЕВ,
начальник научно-исследовательского отдела горных
работ, канд. техн. наук

АО «ВНИПИпромтехнологии», Москва, Россия

Введение

Главной задачей геомеханики является обоснование рациональных параметров бортов карьеров и отвалов, обеспечивающих их устойчивость при максимально крутых углах откосов.

Многолетний опыт работы Научно-исследовательского отдела горных работ АО «ВНИПИпромтехнологии» (НИО-28)

© Величко Д. В., Иоффе А. М., Селезнев А. В., 2021

Дана краткая характеристика прибортовых массивов ряда карьеров и разрезов. Проведен сравнительный анализ развития процессов обрушения. На основании результатов анализа определено, что одним из основных факторов, влияющих на устойчивость прибортового массива, является наличие слоистости, падающей в выработанное пространство. Предложена новая методика прогноза устойчивости бортов карьеров, основанная на использовании современных методов численного моделирования и высокоточных методов наблюдения за деформациями бортов и земной поверхности. Обоснована возможность установки крутонаклонного конвейера на борту карьера «Мурунтау».

Ключевые слова: численное моделирование, обрушение, деформации прибортовой зоны, открытые горные работы, методика прогнозирования деформаций, крутонаклонный конвейер.

в данной области показал, что практически на всех карьерах в процессе эксплуатации происходят деформации откосов бортов и отвалов. Объемы таких деформаций изменяются в широком диапазоне – от сотен до десятков тысяч, а иногда и миллионов кубических метров.

При современных достижениях горной науки и техники представляется возможным и экономически целесообразным вести разработку открытым способом на глубинах до 500–800 м и более. Однако вместе с ростом глубины карьеров увеличивается также и срок службы бортов. Так, например, проектными решениями по карьере «Мурунтау» его глубина предусмотрена 1100 м, а период эксплуатации продлен до 2100 г. Поэтому новые принципы проектирования и эксплуатации глубоких карьеров, обеспечивающие высокую концентрацию, интенсивное

ХАБУЛИАНИ АКАКИЙ ТЕРЕНТЬЕВИЧ



Родился в 1916 г. в с. Кавтисхеви Тифлисской губернии. Окончил Иркутский горно-металлургический институт. Работал в институте «Гипроредмет» в должности старшего инженера (1944–1945 гг.), затем в институте «ВНИПИпромтехнологии» (1955–1990 гг.).

В 1969 г. был назначен главным инженером проекта. Принимал активное участие в разработке проектного задания I очереди строительства Приаргунского горно-химического комбината (ПГХК), руководил разработкой большого комплекса работ, внедряя новую современную технику и технологию производства. В течение 12 лет занимался непосредственно всем комплексом проектирования ПГХК.

При непосредственном участии Акакия Терентьевича в институте был разработан технический проект рудоперерабатывающего комплекса (РПК), предусматривающего комплексное извлечение полезных компонентов с лучшими технико-экономическими показателями по сравнению с аналогичным производством отрасли.

Строительство объектов РПК по проектам института, осуществление авторского надзора под руководством Акакия Терентьевича позволило с момента введения горно-металлургического завода в эксплуатацию ежегодно выполнять и перевыполнять план по выпуску основного продукта.

За производственные успехи Акакий Терентьевич Хабулиანი награжден двумя орденами «Знак Почета», медалью «За доблестный труд», медалью ГДР и другими наградами; удостоен почетного звания «Ветеран труда».

и безопасное ведение горных работ, требуют решения сложных вопросов по обеспечению долговременной устойчивости прибортовых массивов. В связи с этим возникает необходимость в решении целого комплекса задач.

1. Анализ инженерно-геологических особенностей месторождений с выявлением факторов, оказывающих наиболее существенное влияние на устойчивость бортов карьеров.

2. Освоение современных методов компьютерного моделирования, обеспечивающих многовариантность и оперативность при расчетах устойчивости, что позволит учитывать многообразие горнотехнических и горно-геологических условий обрабатываемых месторождений.

3. Подготовка данных к использованию в современных компьютерных моделях.

4. Оценка механизма развития оползней на бортах карьеров.

Следует отметить, что специалисты АО «ВНИПИПромтехнологии» имеют многолетний опыт работы в данной области. С 1960 г. ими выданы исходные данные по параметрам уступов и бортов для разработки проектов практически по всем карьерам отрасли (бывш. Минсредмаш), а также по месторождениям других отраслей: Меловое (5 карьеров), Учкудук (15 карьеров), Маныбай, Тулукуй, Липовый Лог, Квартальный – 1960–1994 гг.; Мурунтау – 1970–2020 гг.; Мютенбай, Бесапантау, Триада, Тамдыбулак – 2012–2016 гг.; Сухой Лог – 2005–2006 гг.; Удокан – 1998 г., 2013 г.; Сорский – 2001 г.; Эрдэнэт – 1997 г.; Наталкинское – 2005–2006 гг.; Березовое – 2012–2015 гг.; Николаевское – 2014–2015 гг.; Уртуй – 1986–2014–2020 гг.; Покровский рудник (всего 17 карьеров) – 2002–2019 гг.; Западное – 2005 г.; Вернинское – 2009 г.; Кючусс – 2008 г.; Нежданское – 2007 г.; Кимканское – 2009–2010 гг.

Важным направлением при проектировании объектов является использование современного программного обеспечения для расчетов устойчивости карьерных откосов. Специалистами АО «ВНИПИПромтехнологии» накоплен значительный опыт применения геотехнических расчетов на основе цифрового компьютерного моделирования [1–10].

Для расчетов применяли современные программные продукты (Slide 6). Для оценки напряженно-деформированного состояния и развития опасных смещений бортов при значительном увеличении их высоты использовали метод конечных элементов (МКЭ) [1] по программе Phase. Начиная с 2011 г. были разработаны рекомендации для проектирования по параметрам бортов, уступов и отвалов более, чем для 30 объектов открытой добычи (угольные разрезы, железорудные, урановые и золоторудные карьеры, включая крупнейшие в мире месторождения золота Мурунтау и Мютенбай) [2].

Ниже приводится краткая характеристика инженерно-геологических условий по некоторым из этих объектов.

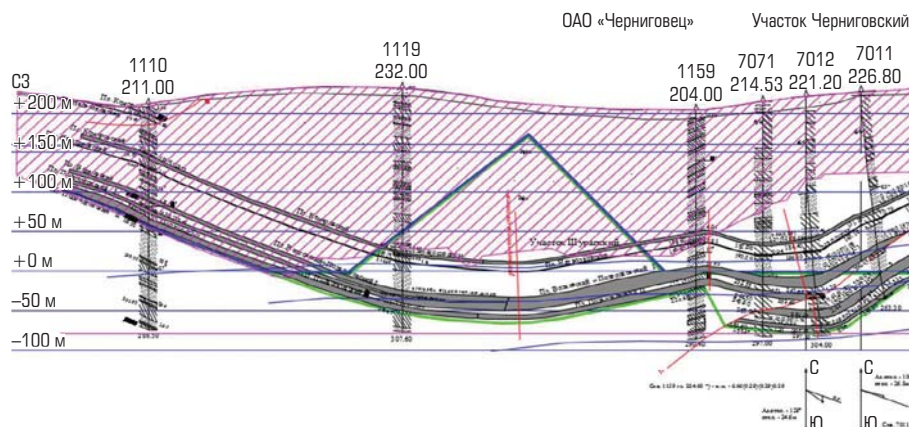


Рис. 1. Строение прибортового массива разреза «Черниговец»

Разрез «Черниговец»

ЗАО «Черниговец» обрабатывает запасы Кедровско-Крохалева угольного месторождения. Рыхлые отложения имеют мощность от 2 до 21–27,4 м и сверху представлены также покровными желто-бурыми и буровато-серыми суглинками, в основании которых залегают синевато-серые, зеленоватые, иловатые суглинки, часто с включениями обломков коренных пород.

Коренные породы, затронутые выветриванием, залегают на глубинах до 60 м и представлены выветрелыми песчаниками и алевролитами.

Коренные породы, не затронутые выветриванием, залегают на глубине свыше 60 м от земной поверхности. Породы представлены песчаниками, алевролитами, углистыми алевролитами и конгломератами.

На рис. 1 представлена геологическая структура кемеровской свиты.

В большинстве случаев массив характеризуется наличием слоистости, падающей под углами от 5 до 80°, представленной контактами аргиллита и алевролита и имеющей низкие прочностные характеристики.

Прослойки углистых аргиллитов и слабых разностей алевролитов в ложной почве являются наиболее вероятными поверхностями скольжения для внутренних отвалов. Данный вывод подтверждается развитием оползневых процессов внутренних отвалов, отсыпаемых на наклонное основание. При сравнительно пологом основании с углом падения не более 12–14° устойчивость отвалов в целом обеспечивается. Возникающие на таких участках локальные оползни имеют незначительные (5–10 см/сут) скорости смещения, оползневые массы периодически обрабатывают, и какой-либо опасности для ведения горных работ они не представляют. Однако ситуация заметно ухудшается с увеличением угла падения слабого основания (ложной почвы) до 18–20°. На таком участке борта скорость смещения оползня увеличивается, и при неблагоприятных условиях оползневый процесс переходит в стадию обрушения. Наглядным примером такой деформации является обрушение борта, которое произошло на разрезе в декабре 2015 г. (рис. 2).

При установлении причин обрушения участка борта было выполнено численное моделирование с применением программных продуктов Slide 6.0, Phase 2 и RocData 4.0. Анализ результатов моделирования показал, что максимальные напряжения в слое песчаника в основании оползня составили 1,7–2,2 МПа, т. е. могли превысить сопротивление песчаника на разрыв, вызвать его мгновенное хрупкое разрушение. Величина смещений в песчанике составила порядка 15,5 см, а в слоях алевролита – 42 см, т. е. песчаник «затормозил» слой алевролита и накопил потенциальную энергию, которая в конечном счете обусловила его разрушение, перейдя в кинетическую энергию.

Для оперативного принятия решений при проектировании разреза «Черниговец» выполнены расчеты устойчивости и даны рекомендации по параметрам бортов с учетом реальных горно-геологических условий прибортового массива; всего было построено и просчитано порядка 3000 моделей. Рекомендованные параметры бортов и уступов учтены в проекте.

Уртуйский разрез

На месторождении с позиций оценки инженерно-геологических условий выделено два стратиграфо-генетических комплекса – рыхлые четвертичные отложения и угленосные отложения кутинской свиты нижнемелового возраста. Отложения первого комплекса имеют 5 горизонтов, сверху вниз: гравийно-галечниковые породы, пески, супеси, глины, суглинки. Второй комплекс включает надугольную толщу, продуктивный горизонт и подугольную толщу.

Прогнозный максимальный приток подземных вод в разрез может составлять 3000 м³/ч: из комплекса рыхлых отложений – 309 м³/ч, из горизонта под угольными осадочными породами – 73 м³/ч и угольного пласта – 2618 м³/ч. Условия осушения продуктивной толщи являются благоприятными. С целью предотвращения затопления разреза водами поверхностного стока предусмотрен отвод их за пределы поля разреза.

Гидрогеологические факторы оказывают большое влияние на устойчивость откосов несвязных, слабосвязных осадочных и сильно выветрелых скальных пород.

Деформации на юго-западном и южном бортах разреза были зарегистрированы с 1998 по 2005 г. и сопровождалась локальными оползновыми проявлениями или обрушением отдельных уступов. Установлено, что одной из главных причин снижения устойчивости является повышенная обводненность и наличие влажных контактов с падением от 0 до 10–13°. В нижней части профилей находится бурый уголь, залегающий на мультислойной поверхности скольжения, являющейся ослабленной зоной (рис. 3). Все это приводит к ослаблению прибортового массива и возрастанию скоростей смещения откосов уступов и групп уступов. При подработке уступов из бурого угля, которые выполняют роль призмы упора бортов, деформации верхних уступов активизируются. Начиная с июля по октябрь 2005 г. скорости

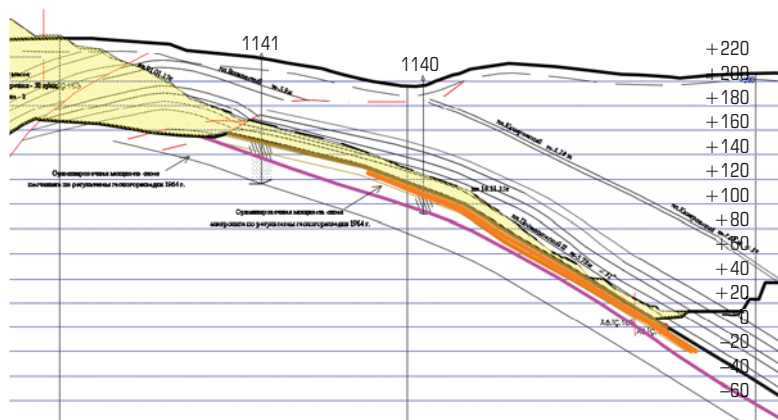


Рис. 2. Инженерно-геологическое строение аварийного участка борта разреза «Черниговец»

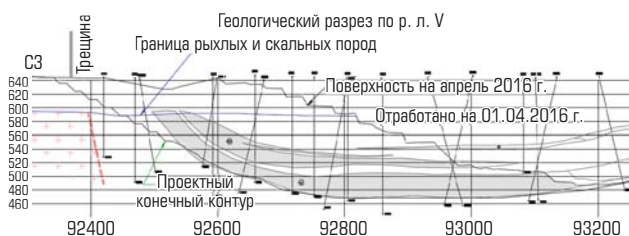


Рис. 3. Геологический разрез по борту, затронутому оползневой процессом

смещения оползневых участков возросли с 200 до 400–500 мм/сут. В последующий период оползневой участок борта был подсыпан внутренними отвалами и до конца 2014 г. находился в устойчивом состоянии.

Оползневой процесс резко активизировался в период 2016–2020 гг., когда на данном участке возобновились добычные работы. На земной поверхности по западному борту высотой 160 м на расстоянии до 300 м от верхней бровки образовалась мощная трещина отрыва протяженностью до 500 м. К концу 2020 г. ширина раскрытия достигла 0,9 м, величина вертикального смещения земной поверхности составила до 1 м.

Для выполнения расчетов по оползневому участку борта построено порядка 100 моделей, учитывающих различную степень обводненности и изменение значений характеристик сопротивления сдвигу пород в массиве и по слабым контактам. Анализ показывает, что основным (определяющим) фактором в комплексе с другими, вызывающим интенсивное развитие деформационных процессов прибортового массива, является обводненность западного борта.

Специалистами института разработаны и внедрены на практике технические решения, обеспечивающие стабильное состояние оползневой участка борта и безопасность ведения горных работ.

Месторождение Мурунтау

Увеличение глубины карьера «Мурунтау» до 900–1000 м вызывает необходимость рассмотрения научно-технических

проблем, связанных с сохранением коэффициента вскрыши и с ограниченной возможностью разноса бортов карьера. Решение этих вопросов возможно за счет более точного определения предельных углов наклона бортов карьера и совершенствования их конфигурации. Исследования по оценке устойчивости прибортового массива карьера ведут с 1971 г. по настоящее время на всех этапах развития горных работ. Рекомендации по параметрам бортов приняты в проектах 2, 3, 4, 5, 6-й очередей отработки месторождения. Внедрение рекомендаций позволило в пределах 4-й очереди сократить общие объемы вскрыши до 250 млн м³.

По карьеру выявлен и зафиксирован 31 случай деформирования откосов уступов в виде осыпей, обрушений и оползней. В процентном отношении деформации глубинного типа составляют: оползни – 18 %, обрушения – 82 %. Объемы нарушенных пород колеблются от 900 м³ до 230 тыс. м³. Основными причинами деформирования являлись наличие слоистости с низкой прочностью на контактах и неблагоприятно ориентированные тектонические нарушения с невысоким сопротивлением пород сдвигу.

Геологическое строение, свойства скальных пород, слагающих прибортовую массив, и результаты высокоточных инструментальных наблюдений за состоянием прибортового массива свидетельствуют о том, что основными деформациями при дальнейшей разработке карьера будут локальные деформации обрушения, как правило, не выходящие за предельный контур карьера. Образование крупномасштабных деформаций оползневой типа с выходом за предельный контур карьера маловероятно.

Существенное влияние на устойчивость пород оказывает их трещиноватость. Влияние трещиноватости массива на устойчивость пород в откосах уступов двоякое. С одной стороны, интенсивная трещиноватость снижает общее сопротивление пород сдвигу и способствует образованию заколов и осыпей. С другой – интенсивная трещиноватость обеспечивает квазиоднородность массива, что позволяет обеспечить устойчивость бортов при более крутых углах наклона, чем в анизотропной среде.

По результатам исследований деформационных процессов на карьере «Мурунтау» установлено, что прибортовой массив вследствие его трещиноватости (три системы трещин) следует рассматривать как квазиоднородную среду. Поэтому неблагоприятное расположение трещин, их ориентирование (параллельно простиранию и падению в сторону карьера под углами 35–50°) в силу небольшой протяженности могут вызвать локальные обрушения в пределах 1–3 уступов.

Периметр предельного контура карьера составляет около 6 км, соответственно прибортовой массив разделен на 6 участков, по каждому из которых построены инженерно-геологические разрезы на шести опорных расчетных профилях. По профилям разработана конструкция борта с параметрами, обеспечивающими его долговременную устойчивость (см. таблицу).

По результатам моделирования определено, что при высоте борта ~1000 м предельные смещения могут достигать 9,5 м (рис. 4).

Показатели устойчивости бортов при отработке карьера до глубины 1000 м

Номер профиля	Контур борта	Высота борта, м	C_p , МПа	Φ_p , градус	Предельный угол наклона борта, α , градус	Показатель устойчивости борта K_n
1	Выпуклый	930	0,59	35	40	1,24
2	То же	952	0,59	35	40	1,24
3	—/—	969	0,59	35	40	1,24
4	—/—	949	0,59	35	38	1,27
5	—/—	934	0,59	35	40	1,21
6	—/—	920	0,447	33,5	37	1,26

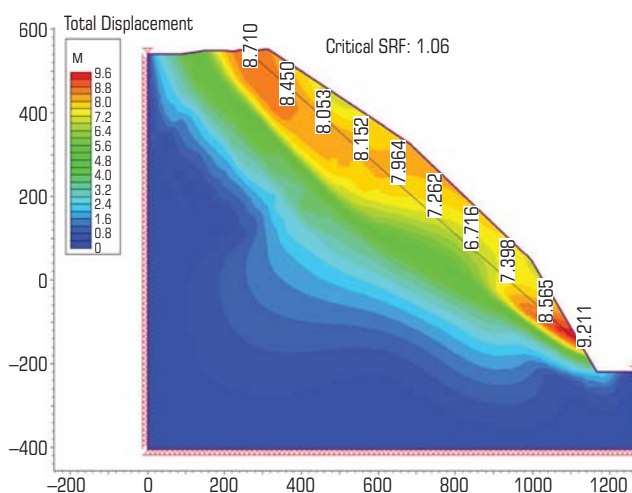


Рис. 4. Результаты расчета смещений борта карьера «Мурунтау»

Вместе с тем коэффициент запаса устойчивости составляет 1,06, что свидетельствует о невозможности катастрофического обрушения борта, соответственно обеспечивается безопасность ведения горных работ при доработке нижних горизонтов карьера. Для повышения безопасности могут быть выполнены работы по укреплению уступов на нижних горизонтах, что позволит увеличить коэффициент запаса устойчивости борта до 1,22.

С 1984 г. на карьере «Мурунтау» успешно эксплуатируется комбинированное автомобильно-конвейерное транспортирование, т. е. реализуется циклично-поточная технология (ЦПТ). Экономическая целесообразность ее применения возрастает с увеличением глубины карьера и объемов перевозки. Более полная реализация технологических преимуществ ЦПТ достигается при использовании крутонаклонного конвейерного подъема с углом наклона конвейерной ленты до 40–50°. С 2007–2011 гг. такой комплекс внедрен на карьере и успешно эксплуатируется в настоящее время (рис. 5) [6].

Наличие в рабочей зоне карьера дробильно-грохотильных и дробильно-перегрузочных пунктов ЦПТ с крутонаклонными конвейерами (КНК) предъявляет особые требования к ведению взрывных работ в приконтурных зонах карьера, определяющих длительную устойчивость этих сооружений. В связи с этим



Рис. 5. Крутонаклонный конвейер на борту карьера «Мурунтау»

разработаны общие сейсмологические модели сейсмозрывного воздействия массовых взрывов, критерии их оценки и методы управления энергией взрыва.

На основании выполненных исследований реализованы технические решения для обеспечения сейсмобезопасности комплексов ЦПТ с крутонаклонным конвейером с предварительным образованием экранной зоны вокруг участков строительства дробильно-перегрузочных пунктов ЦПТ.

В процессе выполненных НИР было установлено, что борт на участке размещения КНК-270 достаточно устойчив, возможность возникновения крупных деформаций, способных привести к аварийным ситуациям, практически отсутствует, а конструкция фундаментов под опоры снижает вероятность локальных обрушений уступов с деформацией опирания крутой части КНК-270. Коэффициенты запаса устойчивости горных массивов с учетом дополнительной нагрузки от крутонаклонного конвейера составляют 1,3–1,95.

Использование методов конечного элемента (МКЭ) и специальной аппаратуры позволило разработать новый эффективный метод прогноза развития опасных крупномасштабных деформаций бортов карьеров. Компьютерное моделирование дает возможность установить предельно допустимые относительные деформации борта, при которых $K_{\text{зап}}$ практически равен 1. Постоянные

радиолокационные наблюдения за этим же участком борта дают возможность заранее установить, когда наблюдаемые деформации откоса начнут нарастать и приближаться к предельно допустимым значениям. Успешным примером такого контроля является прогноз крупномасштабной деформации борта высотой до 800 м карьера «Бингем-Каньон», произошедшей в апреле 2013 г. Специализированная служба карьера в течение нескольких месяцев вела наблюдения за этим опасным участком борта с использованием специальной радиолокационной аппаратуры, и за несколько часов до начала опасной стадии обрушения люди из карьера были выведены.

Заключение

1. Важным направлением решения проблемы обеспечения безопасных условий отработки месторождений открытым способом на глубинах до 500–1000 м является использование современного программного обеспечения для расчетов устойчивости карьерных откосов. Специалистами АО «ВНИПИпромтехнологии» накоплен значительный опыт применения геотехнических расчетов на основе цифрового компьютерного моделирования.

2. На состояние устойчивости бортов разрезов (карьеров) влияет комплекс факторов, одним из которых, приводящих к развитию деформаций откосов, является наличие слоистости в прибортовом массиве, падающей в сторону выработанного пространства. Для многих угольных разрезов («Черниговец», «Ананиевский») и ряда золоторудных месторождений (Бунгурское, Майское, Уртуйское, Мурунтау, Мютенбай, Наседкино) этот фактор является определяющим при обосновании углов откосов уступов и бортов [2, 3].

3. Для расчетов следует применять современные программные продукты (Slide 6), сертифицированные на территории РФ. Для оценки напряженно-деформированного состояния и опасности развития смещений бортов при значительном увеличении их высоты эффективным является МКЭ по программе Phase [4].

4. Определен механизм быстротечного обрушения участка нерабочего борта высотой 160 м на разрезе «Черниговец» (время протекания опасной фазы составило несколько секунд). Основной причиной оползня является наличие слоистости в прибортовом массиве с падением 20–25°. Высокая скорость протекания оползневой процесса обусловлена наличием слоя крепкого песчаника в толще ложной кровли. Максимальные напряжения в слое песчаника в основании оползня составляют 1,7–2,2 МПа, т. е. превышают сопротивление песчаника на разрыв, что привело к его мгновенному хрупкому разрушению [5–9].

5. На основе комплексного использования МКЭ и специальной аппаратуры разработан новый эффективный метод прогноза развития опасных крупномасштабных деформаций бортов карьеров. Компьютерное моделирование позволяет установить предельно допустимые относительные деформации борта, при которых $K_{\text{зап}}$ практически равен 1. Проведение постоянных радиолокационных наблюдений за этим участком борта дает возможность заранее установить, когда наблюдаемые деформации откоса начнут нарастать и приближаться к предельно допустимым значениям [10].

Библиографический список

1. Zienkiewicz O. C., Taylor R. L., Fox D. The Finite Element Method for Solid and Structural Mechanics. 7th ed. – Oxford : Butterworth-Heinemann, 2014. – 672 p.
2. Wyllie D. C., Mah C. W. Rock Slope Engineering: Civil and Mining. 4th ed. – London : Spon Press, 2004. – 431 p.
3. Снитка Н. П., Силкин А. А., Иоффе А. М., Величко Д. В. Многофакторная оценка устойчивости и оптимизация конструкции бортов совмещенного карьера «Мурунтау–Мютенбай» в контурах V очереди // Горный журнал. 2017. № 1. Спецвыпуск. С. 70–75.
4. Гальперин А. М. Геомеханика открытых горных работ : учебник. – М. : Изд-во МГГУ, 2003. – 472 с.
5. Оника С. Г., Халаякин Ф. Г., Ганцовский Е. И., Семёнова М. В. Устойчивость бортов карьеров : учеб.-метод. пособие. – Минск : БНТУ, 2016. – 43 с.
6. Величко Д. В., Иоффе А. М., Селезнев А. В. Геомеханическое сопровождение проекта рекультивации хвостохранилищ радиоактивных отходов // Проблемы и решения в экологии горного дела : матер. междунар. науч.-практ. конф. – М. : Винпресс, 2017. С. 199–206.
7. Попов В. Н., Шлаков П. С., Юнаков Ю. Л. Управление устойчивостью карьерных откосов : учебник. – М. : Горная книга, 2008. – 683 с.
8. Горохов Д. А., Ожигин Д. С., Ожигина С. Б., Дорош Н. А., Кулыгин Д. А., Воробьева Ю. Б. Инструментальные наблюдения за деформациями техногенных объектов // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2017. Т. 1. № 1. С. 135–139.
9. Инструкция по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости. – Л., 1971. – 187 с.
10. Исмаилов А. С., Меликулов А. Д., Садинов Ш. М., Султанов К. С., Саямова К. Д., Гасанова Н. Ю. Особенности процессов длительного деформирования массивов скальных пород и их мониторинг при отработке глубоких карьеров // Проблемы недропользования. 2016. № 3(10). С. 18–23. [ГЖ](#)

Уважаемые коллеги!

Разрешите поздравить трудовой коллектив и руководство АО «ВНИПИпромтехнологии» с семидесятилетием создания института.

В течение прошлых двух десятилетий мы имели очень приятную и ценную возможность работать вместе с вами над интересными вопросами окончательной изоляции радиоактивных отходов. С российской стороны ВНИПИпромтехнологии внес очень весомый и решающий вклад в основание и развитие научно-технического сотрудничества в этой области.

Благодаря усилиям выдающегося директора института В. В. Лопатина, его неустанного заместителя по научной работе Е. Н. Камнева и бывшего начальника департамента Минатома В. Д. Ахунова руководство министерства одобрило включение совместных научно-технических исследований по окончательной изоляции радиоактивных отходов в сотрудничество между Российской Федерацией и Федеральной Республикой Германии в области использования атомной энергии в мирных целях. На заседании экспертов обоих министерств в июне 2001 г. в Москве представители Минатома России и Минэкономики ФРГ подписали соответствующий протокол, базирующийся на двустороннем правительственном соглашении о научно-техническом сотрудничестве от 1985 г.

Научно-техническая координация сотрудничества была поручена с российской стороны ВНИПИпромтехнологии, а с немецкой стороны DBE TECHNOLOGY GmbH (ныне BGE TECHNOLOGY GmbH). По поручению Минэкономики ФРГ эту задачу выполнял до своего ухода на пенсию в 2018 г. Ю. Кроне, с 2018 до 2019 г. безвременно ушедший от нас Й. Хаммер, а сейчас Т. Тимейер. С немецкой стороны на протяжении всех лет, наряду с DBE TECHNOLOGY GmbH, активное участие в сотрудничестве принимали компания GRS (Gesellschaft für Anlagen-und Reaktorsicherheit gGmbH) и BGR (Федеральный институт геологических наук и природных ресурсов), которые также сердечно присоединяются к поздравлениям.

Центральным предметом плодотворного сотрудничества стали вопросы окончательной изоляции долгоживущих и тепловыделяющих РАО в глубоких скальных породах на примере создания соответствующей подземной лаборатории под Красноярском, которая в будущем может стать пунктом окончательной изоляции радиоактивных отходов. В ходе совместных работ освещались основополагающие вопросы систематически обоснованного выбора и изыскания подходящих площадок, взаимодействия геологических и инженерных барьеров для обеспечения долгосрочной безопасности, оптимизации конструктивных решений и, в особенности, вопросы всестороннего анализа безопасности такого объекта.

Взаимовыгодное сотрудничество предоставило немецким ученым уникальную возможность отработать свои передовые теоретические подходы и методики на конкретном естественном объекте, а российским ученым дало возможность заимствовать их. В памяти навсегда останется множество интересных и плодотворных встреч с замечательными сотрудниками и руководителями ВНИПИпромтехнологии.

Мы очень рады, что имеем возможность участвовать именно в таком сотрудничестве, которое можно считать ярким примером совместного решения глобальных вопросов, с которыми наше поколение должно будет справиться в условиях открытого обмена опытом и информацией, взаимного уважения и доверия.

На этой ноте желаем трудовому коллективу и руководству АО «ВНИПИпромтехнологии» всего наилучшего, светлого будущего и личного благополучия.

Татьяна Тимейер,
научный сотрудник,
Федеральное ведомство по геонаукам
и природным ресурсам,
куратор Минэкономики ФРГ российско-немецкого
сотрудничества по захоронению РАО

Юрген Кроне,
старший советник
BGE TECHNOLOGY GmbH