

УДК 620.172.2:687.157

**ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРЕДПОЛАГАЕМОЙ  
РАЗРАБОТКИ КУМТОРСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ**

Торгоев И.А., Алёшин Ю.Г.

Институт геомеханики и освоения недр НАН Кыргызстана

Месторождение Кумтор является крупнейшим золоторудным объектом Тянь-Шаня. Разработка месторождения осуществляется совместным Кыргызско-Канадским предприятием «Кумтор оперейтинг компани» (КОК). В технико-экономическом обосновании (ТЭО) проекта «Кумторзолото», составленном в 1993 г., рассматривалось несколько вариантов отработки этого уникального по запасам и условиям эксплуатации месторождения. В качестве основного варианта был предложен вариант, при котором отработка предусматривалась в два этапа: 1-й этап – карьерная отработка от поверхности до отметки 3796 м и 2-й этап – подземная отработка за пределами бортов Центрального карьера и (ЦК) ниже отметки 3796 м. В Техническом проекте разработки Центрального участка месторождения, разработанном в 2010 году, предусмотрена его карьерная отработка до отметки 3500 м с завершением в 2016 году /1/. Запасы ниже отметки 3500 м предварительно предполагалось отрабатывать подземным способом.

В целях детального изучения геологических запасов полезных ископаемых на нижних горизонтах Центрального участка рудника Кумтор и их дальнейшей подземной отработки в 2007 году ЗАО ГПК

«Азиярудпроект» разработал по заданию КОК «Проект подземных геологоразведочных работ на Центральном участке месторождения Кумтор». Были пройдены два уклона общей протяжённостью около 4 км, из которых были проведены буровые работы и уточнены запасы месторождения. В последующем эти подземные выработки были закрыты и больше подземные работы на месторождении не велись. В настоящее время в рамках «Соглашения об условиях реструктуризации рудника Кумтор» Правительством Кыргызстана поставлена задача разработки месторождения после 2016 г. подземным способом, что предопределяет необходимость проведения дополнительных геомеханических, геокриологических и гидрогеологических исследований и изысканий для определения фактического и прогнозного состояния массива горных пород на нижних горизонтах месторождения с учётом влияния глубокого ЦК.

Следует отметить, что добычу, переработку руды и формирование грандиозных отвалов в районе Кумтора серьезно осложняют наличие активных ледников (рис.1) и вечномерзлое состояние грунтов и горных пород.

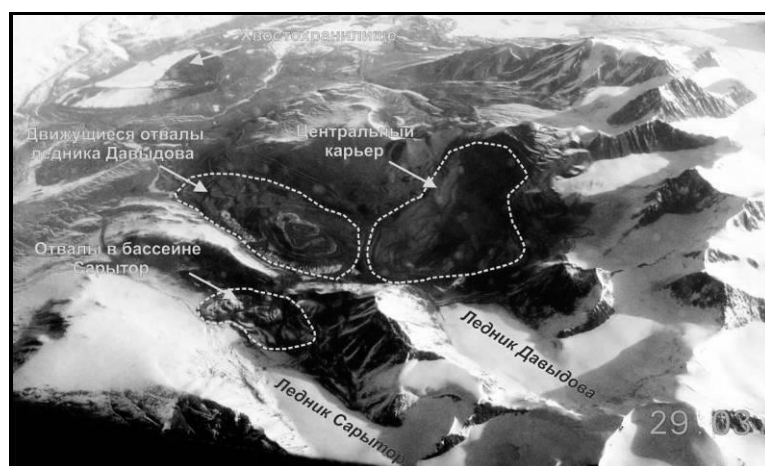


Рис.1. Обзорный снимок рудника Кумтор в окружении ледников

Помимо этого рассматриваемый район характеризуется сложностью геологического строения, наличием и сочленением

тектонических структур различных масштабов и повышенной сейсмической активностью. Горизонтальное смещение поверхности Земли в районе Кумтора по данным космической геодезии (GPS) достигает 10 мм/год и направлено преимущественно на север. Отмеченные гляциологические, криогенные, сейсмотектонические и геодинамические условия рассматриваемого высокогорного района определяют слабую устойчивость и повышенную уязвимость массивов горных пород и льда по отношению к техногенным воздействиям, связанным с крупномасштабной добычей и переработкой минерального сырья.

При обосновании возможности, безопасности и экономической целесообразности дальнейшей подземной отработки Кумторского месторождения, расположенного в зоне многолетнемёрзлых пород (криолитзоне) и ледников возникает целый ряд вопросов касающихся наличия достоверной информации по количеству подтверждённых подземных запасов, нынешнему геомеханическому, гидрогеологическому и геокриологическому состоянию массива горных пород в зоне возможной подземной разработки, т.е. на глубинах 3500-3200 м (рис.2) с учётом мощного техногенного влияния на геологическую среду в районе месторождения глубокого ЦК, протаивания массива вмещающих пород и сильного водопритока в этот карьер в условиях происходящего потепления климата.

На сегодняшний день имеется довольно обширная информация по указанным проблемам, базирующаяся на геотехнических данных, полученных КОК за 20 лет добычи открытым способом, обширных результатах геотехнического бурения и опыта подземных работ, связанных с проходкой уклонов. Указанная информация содержится в Технических отчётах канадской компании «Центерра Голд Инк.» (ЦГИ), которая занимается разведкой, эксплуатацией, исследованием и приобретением месторождений золота в странах Азии /1/.

По результатам подземных разведочных работ и оценкам, приведённым в вышеупомянутом Техническом отчёте, потенциальные ресурсы золота, перспективные для подземной добычи руды до горизонта 3300 м с бортовым содержанием 6.0 г/т (средним содержанием золота 10-11 г/т) составляют 1 855 000 унций или чуть более 61 тонн. Эти ресурсы в основном приурочены к зоне SB (40 тонн), расположены ниже абсолютной отметки дна ЦК в 3500 м и разведаны на глубину 200 м, то есть до отметки 3300 м (рис. 2). По данным разведочного бурения минерализация руд, составляющих дополнительные ресурсы золота, перспективные для подземной разработки как в зоне SB, так и в зоне штокверка показывает хорошую степень однородности и повышенное бортовое содержание (рис. 2). Указанные общие потенциальные ресурсы для подземной разработки не включают сведения о неизбежных потерях руды в целике между дном ЦК и кровлей предполагаемой подземной отработки.

По мнению ЦГИ и консалтинговой компании AMEC Earth & Environmental Ltd (AMEC) на сегодняшний день разведочные и оценочные работы в отношении перспективности подземной разработки ресурсов не позволяют перевести потенциальные минеральные ресурсы в категорию подтверждённых запасов золота.

После завершения вышеуказанных подземных разведочных работ компания ЦГИ заявила об «экономической нецелесообразности» подземной добычи на Центральном участке месторождения», мотивируя это своё техническое решение не только неподтверждённой потенциально извлекаемых запасов, а также тем, что массив горных пород на бортах и ниже дна ЦК характеризуется в Техническом отчёте за 2012 г. «плохими с геотехнической точки зрения породами», что обуславливает необходимость больших ожидаемых затрат на подземную добычу руды. Это заключение компании ЦГИ базируется на результатах

опытной проходки наклонных штолен №1-2 в 2007-2012 гг. Так, ЦГИ в своих отчётах констатирует, что «в 2010 году обе наклонные штольни испытали плохие горно-технические условия, которые ограничили темпы проходки. Аналогичные условия ожидаются на оставшуюся часть программы разработки и развития».

Важнейшим, до сих пор недостаточно учитываемым фактором разработки Кумторского месторождения, является не только влияние ледников, но и распространённость «вечной мерзлоты». В результате крупномасштабной выемки руды и пустых пород на ЦК, многолетнемёрзлые рудовмещающие горные породы (филлиты, филлиты-мелониты) весьма прочные в мерзлом состоянии подверглись интенсивному разрушающему воздействию в процессе глубокой открытой разработки (буро-взрывных и добычных работ), что привело к интенсивной трещиноватости и разупрочнению пород в окружающем массиве горных пород, характеризующемся к тому же наличием тектонических нарушений различного порядка. Многолетний опыт КОК свидетельствует о том, что филлиты-мелониты крошатся под воздействием горных работ и при оттаивании. Трещиноватые породы в зоне мерзлоты и подмерзлотной зоне требуют обязательного крепления стенок и кровли подземных горных выработок. Воздействие на такие породы проходческих работ на фоне изменения их криогенного и температурного состояния приводит к значительному снижению их прочностных свойств. Имеющиеся данные по физико-механическим свойствам пород Кумторского месторождения свидетельствуют о том, что прочность филлитов – основных рудовмещающих пород снижается почти в 2 раза с 80.0 МПа до 41,5 МПа после нескольких циклов замораживания и оттаивания.

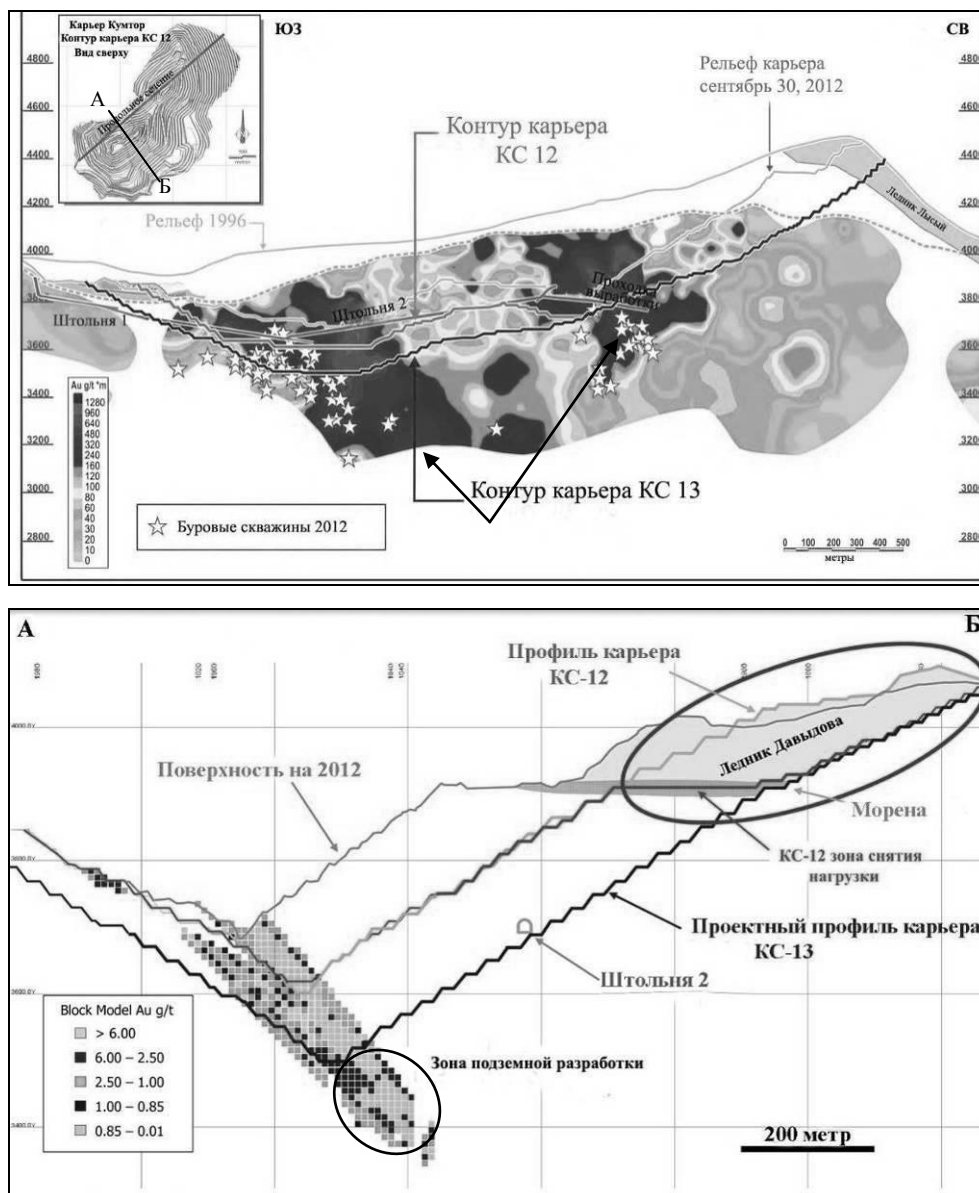


Рис. 2. План (врезка), продольный и поперечный разрезы Центральной части Кумторского золоторудного месторождения с указанием зон подземной разработки /1/.

Следует иметь в виду, что горные породы, в которых придётся проводить подземные работы с проходкой горно-капитальных и горно-подготовительных выработок залегают под слоем многолетнемёрзлых пород. Отрицательные и знакопеременные температуры горных пород в зоне перехода от вечной мерзлоты к подмерзлотной зоне порождают на подземных рудниках комплекс геотехнических и технологических осложнений, в первую очередь, изменение (разупрочнение) физико-

механических свойств мерзлых и особенно талых пород. Для пород этой подмерзлотной зоны характерны слабая устойчивость мерзлых и талых пород на границе нулевой изотермы и значительное ухудшение горнотехнических условий на нижних горизонтах рудника. При этом специфические гидрогеологические условия с разрывами сплошности мерзлых пород требуют учета проявления горного давления наряду с гидростатическим напором подземных вод, а также вод, просачивающихся из карьера.

По мнению геотехнических специалистов и консультантов Центерры Голд Инк. (Голдер Ассошиэйтс, SRK, BGC) значительную лепту в ухудшение состояния массива вмещающих горных пород внёс значительный, непредвиденный на ранних этапах отработки месторождения приток талых ледниковых вод. Эти потоки воды вызывают сильное обводнение массива горных пород, особенно, в зонах тектонической раздробленности и стимулируют значительный рост гидростатического порового давления воды внутри массива, оказывающего расклинивающее воздействие и тем самым отрицательно сказывающегося на его устойчивости в процессе ведения горно-добычных работ. Следует отметить, что мощный водоприток в ЦК был вызван в основном нарушением гидротермического режима ледника Давыдова за счёт складирования на нём грандиозных отвалов (700 млн. тонн). Глубокий ЦК регулярно пополняется подземными (подмерзлотными) водами, поверхностными атмосферными стоками, талыми водами за счёт которых формируется весьма внушительный карьерный водоём. Просачивание воды из ЦК в подмерзлотную зону может оказать ослабляющее воздействие на устойчивость подземных горных выработок и потребовать значительных затрат на их осушение.

Как бы то ни было в период подземной отработки необходимо содержать ЦК в осушенном состоянии, либо не допускать накопления

в нём значительных объёмов воды, которые будут оказывать негативное влияние на устойчивость массива под дном карьера за счёт неблагоприятных гидрогеологических и изменяющихся геокриологических факторов. Причём по мере углубления и расширения карьера водоприток постоянно возрастает и соответственно возрастают затраты на осушение карьера. Таким образом, сформировавшееся на дне карьера ледниковое озеро осложнит и без того сложные гидрогеологические условия подземной отработки рудника Кумтор.

Очевидно, что в процессе дальнейшего углубления ЦК до уровня 3500 м (рис. 2) влияние перечисленных выше неблагоприятных гидрогеологических, криогенных и геотехнических факторов на нижележащие горные породы и устойчивость массива в подмерзлотной зоне подземных работ будет усугубляться как в пространстве, так и во времени. В этой связи для принятия окончательного решения о ведении подземных горных работ на Центральном участке месторождения, ниже горизонта дна ЦК безусловно потребуются значительный объём работ, которые могли бы дать ответ на вопрос о возможности применения того или иного способа подземной разработки. Эти инженерно-изыскательские и исследовательские работы должны включать дополнительное разведочное бурение с целью подтверждения запасов, детальные геотехнические и геокриологические исследования, опробования и испытания, а также в конечном итоге разработку технико-экономического обоснования, включая выбор оптимального вида системы подземной разработки рудного тела с учётом фактического и прогнозируемого состояния массива горных пород ниже дна ЦК. В дополнение к этим инженерным изысканиям возможно потребуется научное сопровождение проектных и эксплуатационных работ в части оценки напряжённо-деформированного состояния массива, оценки

вероятности опасных проявлений горного давления в контурах подземного рудника.

Здесь следует отметить, что компания АМЕС, выбранная по поручению Правительства Кыргызстана «Кыргызалтыном» для проведения оценки инженерных и экологических рисков на руднике «Кумтор», в своём заключительном отчёте отметила, что рудник работает в сложной природной окружающей среде с точки зрения прочности и изменчивости массива мёрзлых горных пород, а также пересечения карьеров ледниками. В частности, огромные затраты на проходку разведочных штолен были «связаны с очень неустойчивыми условиями массива горных пород».

Касаясь проблемы подземной разработки на Кумторе, АМЕС в своём отчёте сделала предположение о том, что среди известных способов подземной отработки рудного тела какой-то потенциал для извлечения такой неустойчивой породы имеет лишь система с закладкой очистного (выработанного) пространства, а для его реализации потребуется строительство на руднике закладочного комплекса (фабрики) и импорт подходящего цементирующего материала. Кроме того, АМЕС отмечает, что проходка подземных горных выработок к участкам очистных работ, скорее всего, окажется невозможной с точки зрения экономики, если горно-технические условия останутся такими, какими они были до настоящего времени, как в открытых карьерах, так и в подземных наклонных штольнях (уклонах).

На основе исторического опыта подземной разработки месторождений в условиях вечной мерзлоты советского периода, геотехнических данных, полученных КОК за 20 лет добычи открытым способом, обширных результатов геотехнического бурения и опыта совсем недавних четырех лет подземной разработки при проходке наклонных штолен №1-2, компания ЦГИ в своём Техническом отчёте

от 20 декабря 2012 г. отмечает следующее: несмотря на то, что подземные минеральные ресурсы характеризуются, как правило, высоким бортовым содержанием в 6,0 г/т и природной однородностью высокой степени минерализации зон Штокверка и SB, подземная разработка потребует больших ожидаемых затрат на добычу руды, которые обусловлены плохими (сложными) горно-техническими условиями нижележащего массива горных пород /1/.

Таким образом, подводя итоги опытных подземных горных работ ЦГИ отмечает, что потенциальное освоение минеральных ресурсов, которые могут быть переведены в категорию подтверждённых запасов и извлечены подземным способом с разработкой проекта подземных горных работ должны быть поставлены в зависимость от успешного завершения дополнительных программ бурения и на основе комплексной программы подземных геотехнических изысканий и геокриологических исследований, которые определяют технико-экономические показатели подземной добычи и разработку соответствующего технико-экономического обоснования (ТЭО).

В перспективе возможны два варианта дальнейшей комбинированной разработки месторождения Кумтор: открытый способ с последовательным переходом на подземные работы после завершения открытых горных работ или открытый с параллельным ведением подземных горных работ. Учитывая отмеченные выше неблагоприятные геокриологические и гидрогеологические проблемы (большой водоприток в ЦК) и весьма неустойчивые условия состояния массива горных пород, которые будут усугубляться по мере углубления ЦК, при обоих вариантах потребуются реализация комплекса инженерных мероприятий, в первую очередь, мер по обеспечению непрерывного водоотлива из ЦК (осушение карьера). При параллельной отработке необходимы меры по поддержанию бортов ЦК и междуэтажного целика (между дном карьера и кровлей

подземных выработок) в устойчивом состоянии, а также мероприятий по мониторингу и предотвращению обвала ледниковых масс в чашу ЦК.

В настоящее время планомерную и безопасную добычу золота на руднике Кумтор серьёзно осложняют следующие геотехнические проблемы и риски:

- массовые гравитационные обрушения высокого и крутого борта в северо-восточной части ЦК, зоне штокверка [2-3];
- деформации и движение северо-западного борта ЦК;
- сползание в ЦК первоначальных отвалов и глетчерного льда ледника Давыдова в юго-восточной части (зоне SB) карьера, в так называемой «зоне сильных движений или деформаций» [2];
- подвижки ледово-каменной массы отвалов вниз по долинам р. Чон Сарытор и р. Лысый (рис. 3) с реальной угрозой разрушения объектов производства и инфраструктуры рудника [4-5].

КОК прилагает значительные усилия по поддержанию бортов карьера в устойчивом состоянии и осушению Центрального карьера, которые влекут за собой значительные финансовые расходы. В целях обеспечения устойчивости бортов производятся крупномасштабные работы по выполаживанию крутых бортов и разгрузке нестабильных блоков. Для предотвращения обрушения в ЦК глетчерного льда (ледового обвала) из южной ветви ледника Давыдова в начале 2014 г. была сооружена специальная берма-преграда (рис.3), выше которой ведутся работы по удалению льда, непрерывно наползающего на эту искусственную преграду. Проект этой дамбы не подвергался надлежащей экспертизе и поэтому вызывает ряд принципиальных вопросов, связанных с устойчивостью бермы – преграды с учётом просачивания в её основании и теле потока талых ледниковых вод. Кроме того, не оценено влияние веса бермы-преграды на устойчивость самого борта ЦК, на участке где она сооружена.

Возможно, что при переходе на последовательную подземную отработку запасов объём и масштабы этих работ значительно уменьшатся, однако следует иметь в виду, что вероятные массовые обрушения бортов, особенно в зоне SB (южном углублении ЦК) могут отрицательно сказаться при проходке горно-капитальных и горно-подготовительных выработок, транспортировке руды на золотоизвлекательную фабрику (ЗИФ), состоянии поверхностного комплекса рудничных служб. При подземной разработке не исключена вероятность проявления горного давления в виде горных и горно-тектонических ударов (ГУ). Реализация перечисленных мер по обеспечению устойчивости бортов и междуэтажного целика, предотвращению ГУ может лечь тяжким бременем на капитальные и эксплуатационные затраты, необходимые для работы подземного рудника.

Освоение высокогорного золоторудного месторождения Кумтор стало уникальным экспериментом в истории добычи полезных ископаемых в зоне ледников и вечной мерзлоты, породив целый ряд геотехнических проблем и рисков. Главными причинами возникновения геотехнических проблем стали недостаточно полный

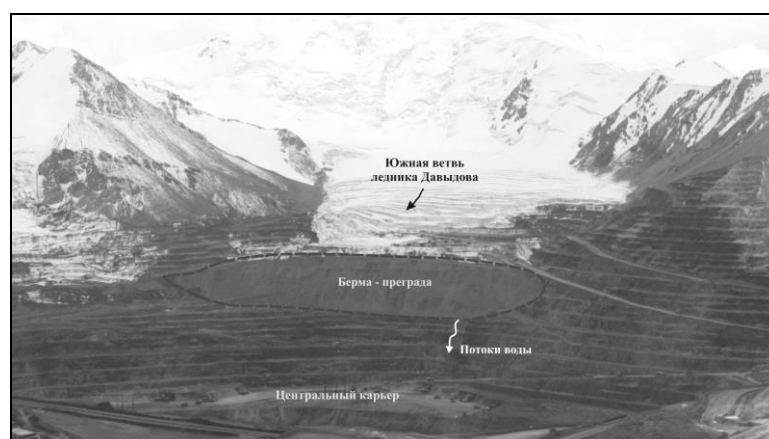


Рис. 3. Берма-преграда на южной ветви ледника Давыдова  
(03.07.2014)

учёт гляциологических и геокриологических особенностей геологической среды в рассматриваемом гляциально-нивальном поясе

Тянь-Шаня. Геотехнические риски являются основным фактором, осложняющим геоэкологическую ситуацию в районе рудника Кумтор и представляющим наибольшую угрозу для различных его сооружений и окружающей природной среды.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Thalenhorst, H., Redmont, D., Paponi, T.R., Vdovin, V. Technical Report on the Kumtor Gold Project Kyrgyz Republic for Centerra Gold Inc. by Strathcona Mineral Services Limited, 20 Dec. 2012.
2. Торгоев И.А. Геотехнические проблемы на высокогорном руднике Кумтор и их экономические и экологические последствия. // Современные проблемы механики сплошных сред: Вып. 17: Гидрогазодинамика, геомеханика и геотехнологии. / Институт геомеханики и освоения недр НАН КР.- Бишкек: 2013. – с.151-176.
3. Torgoev I., Torgoev. Rockslides in the open pit of Kumtor goldmine (Kyrgyzstan) // K. Sassa et al (eds) Landslide Science for a Safer Geoenvironment, Vol 3, 2014.- p.511-516
4. Торгоев И.А., Оморов Б. Гравитационные смещения отвалов на высокогорном руднике Кумтор // Современные проблемы механики сплошных сред: Вып. 18: Гидрогазодинамика, геомеханика и геотехнологии. / Институт геомеханики и освоения недр НАН КР.- Бишкек: 2013. – с.82-104.
5. Torgoev I., Omorov B. Mass movement in the waste dump of high-altitude Kumtor goldmine (Kyrgyzstan) // K. Sassa et al (eds) Landslide Science for a Safer Geoenvironment, Vol 3, 2014.- p.517-521