

## ГЕОЭКОЛОГИЯ

---

---

УДК 622.34: 625.7/8

### ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ И КАТАСТРОФЫ ПРИ ОСВОЕНИИ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ ГОР КЫРГЫЗСТАНА

**Айтматов И. Т., Торгоев И.А., Алёшин Ю.Г.**

Институт геомеханики и освоения недр Национальной Академии наук  
Кыргызской Республики

Статья посвящена рассмотрению и оценке техногенных рисков, связанных с освоением разнообразных природных ресурсов в высокогорных районах Кыргызстана.

**Ключевые слова:** горы, ресурсы, техногенные воздействия, риск, катастрофы,

### КЫРГЫЗСТАН ТООЛОРУНУН ЖАРАТЫЛЫШ БАЙЛЫКТАРЫН ӨНҮКТҮРҮҮ ҮЧҮН ТЕХНОГЕНДИК ТОБОКЕЛДИКТЕР ЖАНА КЫРСЫКТАР

**Айтматов И.Т., Торгоев И.А., Алёшин Ю.Г.**

Кыргыз Республикасынын Улуттук Илимдер Академиясынын  
Геомеханика жана жер казынасын өздөштүрүү институту

Макала Кыргызстандын бийик тоолуу аймактарында ар кандай жаратылыш байлыктарын иштетүүгө байланыштуу техногендик тобокелдиктерди жана кырсыктарды кароого жана баалоого арналган.

**Баштапкы сөздөр:** тоолор, ресурстар, техногендик таасирлер, тобокелчилик, кырсыктар,

### MAN-MADE RISKS AND DISASTERS FOR THE DEVELOPMENT OF NATURAL RESOURCES OF THE MOUNTAINS OF KYRGYZSTAN

**Aitmatov I.T., Torgoev I.A., Aleshin Yu.G.**

Institute of Geomechanics and mining of the National Academy of  
Sciences of the Kyrgyz Republic

The paper is devoted to the assessment of landslide risk associated with the upcoming construction and operation of the main structures of the

Kambarata hydroelectric power station-1 (KHPP-1). Large landslides can cause dam failure with catastrophic consequences.

**Key words:** mountains, resources, man-made impacts, risk, disasters,

**Введение.** В горах Кыргызстана, характеризующихся значительной высотой, расчленённым рельефом, сложными физико-географическими (горно-геологическими) и суровыми климатическими условиями, активно развиваются и широко распространены опасные природные процессы и стихийные бедствия. Наиболее разрушительными из них являются: землетрясения, оползни, обвалы, камнепады, каменные глетчеры, прорывы высокогорных озер, лавины, сели [1].

В последние десятилетия в районах интенсивного хозяйственного освоения разнообразных природных ресурсов всё большее распространение начинают приобретать опасности и риски, получившие название техногенных. Их появление и развитие связано с активным техногенным воздействием на природную среду гор, под влиянием которого возникают новые или ускоренно развиваются существующие опасные природные процессы.

Как показывает опыт Кыргызстана, к потенциально опасным техногенным воздействиям, которые порождают проблемы риска в высокогорных районах, относятся воздействия, связанные со строительством и эксплуатацией крупных инженерных сооружений, к числу которых относятся предприятия и объекты горнодобывающей промышленности, гидроэнергетики, а также гидроузлы, туннели, плотины, дамбы, хвостохранилища, водохранилища, каналы, ирригационные системы; автомобильные и железные дороги. Все перечисленные объекты, сооружения и комплексы в высокогорных районах могут являться источниками риска аварий и техногенных катастроф [1]. Техногенной катастрофой принято называть разрушительный процесс, развивающийся в результате ненормального (аномального) взаимодействия инженерных объектов с компонентами окружающей природной среды, приводящий к гибели людей, разрушению и повреждению гражданских, промышленных сооружений и компонентов природной среды.

«Специфика» высокогорья состоит в том, что при возникновении на больших высотах угроз геологического характера (геокатастроф) могут формироваться синергетические, или другими словами, многоступенчатые (каскадные) природные или техногенные чрезвычайные ситуации или катастрофы, распространяющиеся вплоть до густонаселённых долинных районов [1,2]. Наибольшую угрозу для жизнедеятельности в горных районах представляют синергетические катастрофы, формирующиеся по следующей схеме: землетрясение и/или оползень (обвал) => перекрытие русла или => долины реки => образование подпруженного водоема (завального озера) => затопление долины => прорыв естественного перекрытия => паводок или прорывной

поток, часто перерастающий в селевой поток [2]. Из приведённого сценария видно, какую цепочку синергетически связанных между собой процессов влечёт за собой, например, оползень в горном ущелье. В таких случаях говорят об «эффекте домино». Особая опасность развития подобных сценариев создается, когда в синергетический процесс вовлекаются объекты техносферы. Рост количества природных геокатастроф с одной стороны, увеличение плотности и масштабов объектов техносферы в горах – с другой значительно повышают вероятность того, что в зону риска природных геокатастроф могут попасть потенциально опасные объекты (например, хранилища радиоактивных и токсичных отходов) и инженерные сооружения (плотины гидротехнических сооружений).

К числу наиболее опасных источников синергетического риска в горах Тянь-Шаня относятся крупные и грандиозные оползни и обвалы, перекрывающие глубокие и узкие долины горных рек [2]. Большие оползневые дамбы (плотины) часто создают более серьезные угрозы для людей, объектов экономики и инфраструктуры, чем сами оползни, как в пространстве, так и во времени из-за затопления территорий в верхнем бьефе плотины и распространения разрушительной гидродинамической волны в нижнем течении реки, возникающей при прорыве плотины. Подобный сценарий имел место в результате прорыва обвально-оползневой дамбы в верховье р. Бельалды, когда в июне 1993 г. по реке Торкент в Токтогульском районе прошёл грязекаменный селевой поток. Этот разрушительный сель сформировался в результате прорыва завального озера, образовавшегося при обрушении скального оползня объёмом около 50 млн. м<sup>3</sup>, спровоцированного Суусамырским землетрясением (M=7,3) в августе 1992 г.

**Техногенные риски освоения недр в условиях высокогорья.** До недавнего времени высокогорные регионы, были относительно недоступны. Это отчасти сдерживало освоение богатых минеральных ресурсов высокогорья в нивально-гляциальном поясе гор (высокогорной криолитозоне), характеризующимся наличием активных ледников и многолетней (вечной) мерзлоты. Однако технический прогресс и растущий спрос на драгоценные металлы способствовали повсеместному наступлению горнодобывающей промышленности на земные недра в любых природно-географических условиях, включая высокогорье.

Как показывает многолетний уникальный опыт разработки Кумторского золоторудного месторождения, при крупномасштабном воздействии на ледники и криолитозону высокогорья могут не только интенсифицироваться «природные» гляциальные и криогенные склоновые процессы, но возникнуть опасные техногенные процессы, к числу которых на руднике Кумтор относятся:

- техногенные обвалы и оползни на слабоустойчивых крутых бортах глубокого Центрального карьера, сложенных многолетнемёрзлыми

породами, оттаивающими при вскрытии под влиянием талых вод и потепления климата [2,3];

- техногенные оползни на отвалах пустых пород, складированных на активных ледниках и/или прилегающих к ним склонам [3];

- смещение и подвижки грандиозных каменно-ледовых отвалов, представляющих собой техногенные каменные глетчеры [4]

- сползание огромных объёмов глетчерного льда в Центральный карьер, представляющее серьёзную угрозу ведению добычных работ [3].

Развитие перечисленных выше деструктивных гляциальных и криогенных процессов, особенно в последнее десятилетие стало причиной огромного экономического ущерба и человеческих жертв.

К числу оползней техногенного генезиса на руднике Кумтор относятся оползни на отвалах пустых пород, со временем трансформировавшиеся в грандиозные «техногенные каменные глетчеры» (рис.1а). Формирование динамически активных техногенных каменных глетчеров (ТКГ) на руднике Кумтор связано с совместным складированием гигантских масс раздробленных горных пород и глетчерного льда в бассейнах ледников, в том числе на их наклонные поверхности. В процессе отвалообразования разрыхленный лёд, удаляемый из зоны карьеров, перемещивается на отвалах с дроблёнными горными породами, превращаясь в каменно-ледовую массу [3,4]. Эти скопления крупнообломочных горных пород, снега и льда при определённых геодинамических, гидрологических и погодных условиях приобретают вязкопластические свойства и способность приходит в быстрое движение

К числу техногенных каменных глетчеров рассматриваемого района, вызвавших огромный экономический ущерб и человеческие жертвы, относятся грандиозные оползни, сформировавшиеся вначале на отвалах в бассейне ледника Давыдова, а затем в бассейне ледника Лысый (рис. 1).

Из-за неразумного отвалообразования на грандиозных отвалах, отсыпанных в бассейне ледника Давыдова, сформировался крупномасштабный «техногенный оползень» объёмом около 700 млн. м<sup>3</sup>. По сведениям, предоставленным геотехнической службой КГК, ледово-каменная масса отвалов, двигалась по наклонной поверхности (12-16°) высокольдистых многолетнемёрзлых пород, залегающих под слоем моренных отложений [3]. К числу прочих факторов, способствовавших смещению моренных отложений, под нагрузкой мощных отвалов относится наличие в моренных отложениях надмерзлотных подземных вод и таликов, связанных с подрусловым стоком р. Чон-Сарытор.

В результате ускоренного движения этого ТКГ, начавшегося в апреле 2013 г, в долине ледника Давыдова был разрушен ряд крупных объектов рудника с экономическим ущербом, превышающим 100 млн. дол. США [160]. Из-за непрерывного продолжающегося смещения ТКГ вниз по долине р. Чон-Сарытор пришлось перенести вахтовый просёлок, электрическую подстанцию, метеостанцию и прочие объекты инфраструктуры рудника.

Первого декабря 2019 г. на руднике Кумтор произошло обрушение отвалов, отсыпанных в бассейне ледника Лысый (рис.1). Общая длина оползня через несколько часов после обрушения отвалов превысила 3 км, средняя ширина - 600 м, мощность - 20 м, а общий объём свыше 30 млн. м<sup>3</sup>. В результате обрушения и смещения ледово-каменной массы под оползнем погибло два сотрудника «Кумтор Голд Компани» (КГК).

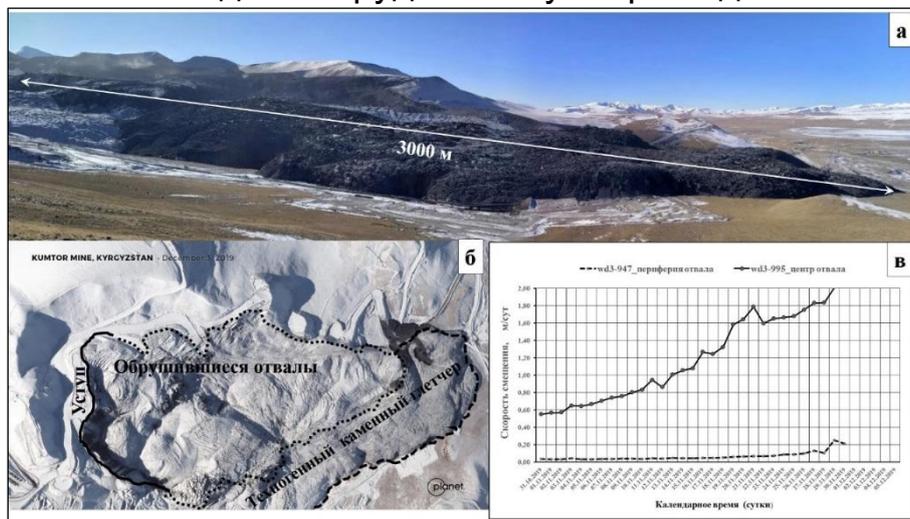


Рис.1. Техногенный оползень и каменный глетчер в долине ледника Лысый на высокогорном руднике Кумтор: а) панорама оползня; б) космоснимок

Одной из основных причин обрушения отвалов, произошедшего в бассейне ледника Лысый, по всей вероятности, стала чрезмерная перегрузка отвалов в верхней части склона, характеризующегося крутизной до 20-22° и сложенного с поверхности льдонасыщенными многолетнемёрзлыми породами, уязвимыми по отношению к нагружению мощными отвалами и потеплению климата [4]. Имеются веские основания полагать, что описанные выше смещения отвалов, в значительной степени связаны с деформацией ползучести подстилающих моренных отложений с высоким содержанием льда и ледяного материала ТКГ. При таком механизме движения значительное нарастание скорости смещения каменно-ледовых отвалов (рис.1в) может свидетельствовать о переходе деформаций из стадии, установившейся (вторичной), в стадию прогрессирующей (третичной) ползучести, которая при увеличении нагрузки (веса пород и льда) неизбежно заканчивается обрушением ползущих отвалов, которое и произошло ранним утром 1 декабря 2019 г. Обследование, выполненное сразу после обрушения отвалов, подтвердило, что оползание этих отвалов произошло в результате скольжения по кровле высокольдистых многолетнемёрзлых пород, залегающих под слоем моренных отложений, который был обнаружен в нижней части разреза.

Судя по космоснимкам высокого разрешения (рис.1б) и по результатам геодезического мониторинга (рис.1в) первые признаки

приближающегося оползания отвалов появились за несколько дней до их обрушения [4]. В частности, за двое суток до обрушения, а именно 29 ноября 2019 г. произошло небольшое оползание на самой верхней полке верхнего отвала. Это обрушение с формированием уступа будущего техногенного оползня также, как и нарастание скорости смещения (рис.1в) стало предвестником того, что отвал переходит из стадии установившейся вторичной ползучести в опасную стадию третичной прогрессирующей ползучести, то есть приближается момент обрушения отвала. Для специалистов геотехнического отдела КГК, работавших в это время на руднике, эти предвестники должны были бы стать сигналом раннего предупреждения о надвигающейся угрозе опасного обрушения.

Как известно, состояние горных экосистем определяется двумя основными факторами: изменениями климата и техногенным воздействием. Техногенный прессинг на горные экосистемы - мощный и длительно действующий фактор. В отличие от колебаний климата, он имеет более направленный характер, более однозначен во времени и как показывает опыт Кыргызстана более опасен [2].

Очевидно, что с точки зрения влияния на окружающую среду наибольшую опасность представляет совместное во времени и пространстве интенсивное техногенное воздействие и изменение природно-климатических условий.

#### **Техногенные риски на объектах высокогорной инфраструктуры.**

Перемещение товаров и людей в горных регионах на 95% зависит от дорожного движения. Транспортный сектор в Кыргызстане в основном представлен сетью автомобильных дорог, которая в общем составляет 34800 км. Большая часть автомобильных и железных дорог проходит через местности со сложным горным рельефом, где имеют место и часто происходят опасные геологические процессы: землетрясения, оползни, обвалы, камнепады, лавины, сели, эрозия. Указанные опасные процессы, в особенности оползни, вызывают человеческие жертвы и материальный ущерб, закрытие дорог вызывает изоляцию регионов и задержку грузовых перевозок. На международных автотрассах и внутренних дорогах страны насчитывается 85 оползнеопасных участков и почти 100 камнепадных участка. Наибольшее количество оползнеопасных участков приходится на автодороги, проходящие по территории Ошской и Джалал-Абадской областей. Следует отметить, что в последние годы возросло как число обвалов и камнепадов на автодорогах (в 2012-2016 – 27 случаев, в 2016-11 случаев), так и число жертв от них: погибло за этот же период -7 человек.

К числу последних по времени крупных обрушений на автодорогах Кыргызстана относится массивный оползень на автодороге Дыйкан - Кара-Кече [5]. Первоначальное обрушение склона на 37 км автодороги Дыйкан — Кара-Кече, в районе угольного разреза Кара-Кече произошло 16 августа 2020 г (оползень №1 на рис.2). По сведениям Министерства транспорта и дорог, (МТиД) КР объём обрушения оценивался в 300 тыс.

м<sup>3</sup>. В результате автомобильная дорога Дыйкан-Кара-Кече была полностью перекрыта горной массой, разрушены опоры линии электропередачи (ЛЭП) напряжением 10 кВ, по которой осуществлялось снабжение электроэнергией пяти угледобывающих предприятий («Кара-Кече», «Демилге», «Ак-Жол», «Шарбон» и «Бурана Плюс»), ведущих добычу угля в районе месторождения Кара-Кече [4].

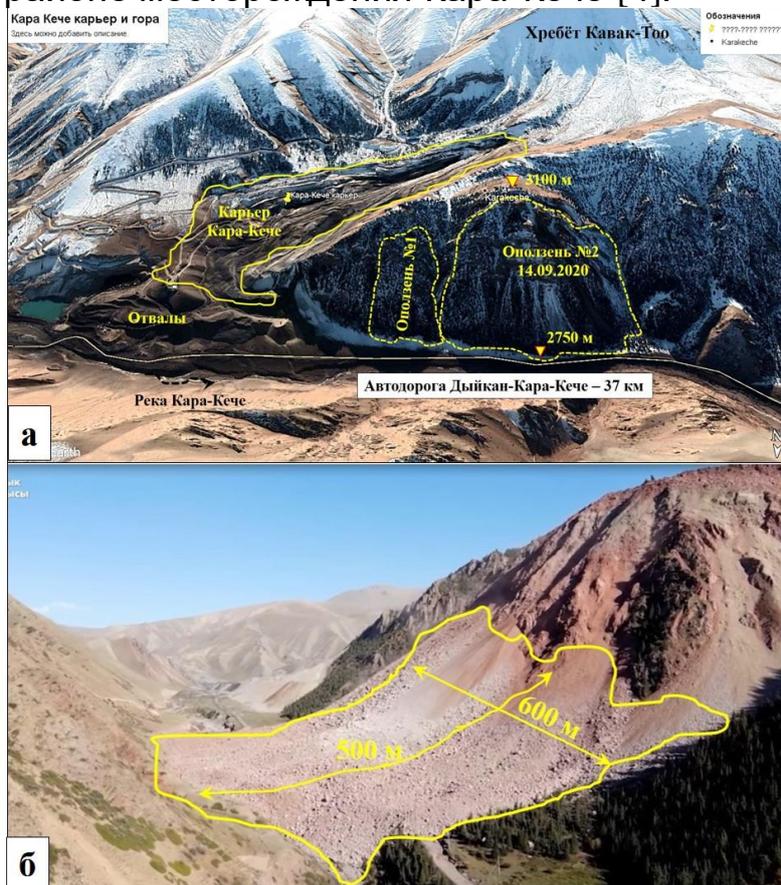


Рис.2. Обрушение склона на 37 км автодороги Дыйкан – Кара-Кече: а) общий вид угольного карьера Кара-Кече и склона с контурами оползней, которые разгрузились 16.08.2020 (оползень №1) и 14.09.2020 (оползень №2); б) вид склона и сместившихся пород после обрушения.

Второе обрушение склона на рассматриваемом участке автодороги (оползень №2) началось 14 сентября в 11-39 местного времени, когда с жутким рёвом и грохотом на глазах многочисленных шахтёров и водителей рухнула гора. Несколько станций сети сейсмического мониторинга Кыргызстана зарегистрировали обрушение больших объёмов горных пород на эпицентральных расстояниях от 35 км (сейсмостанция Арал) до 225 км (сейсмостанция Аркит). Зарегистрированное сейсмическое событие, вызванное обрушением оползня, имело магнитуду  $m_{rv}=2,1$  и энергетический класс  $K=5,4$ . Причём рассматриваемый склон обрушился не одномоментно, а в несколько стадий [5].

На основе имеющейся геологической информации и анализа (дешифрирования) космоснимков Google Earth разных лет, начиная с

1982 г., было сделано предположение о том, что наиболее вероятным механизмом обрушения склона на 37 км автодороги Дыйкан-Кара-Кече в августе-сентябре 2020 г. стало так называемое отседание склона (sackungen), хотя оно сочеталось с опрокидыванием, обвалами крупных скальных блоков. Отседанием склона называется медленный гравитационный процесс отрыва и соскальзывания крупных блоков прочных горных пород, приводящий к появлению глубоких и широких трещин (рвов отседания), которые простираются параллельно склону и /или гребню хребта на несколько сотен метров (рис.3). Судя по космоснимкам разных лет, первые трещины отседания появились на рассматриваемом склоне в 1982 г., то есть ещё до начала разработки угольного месторождения, которое было начато в 1985 г.

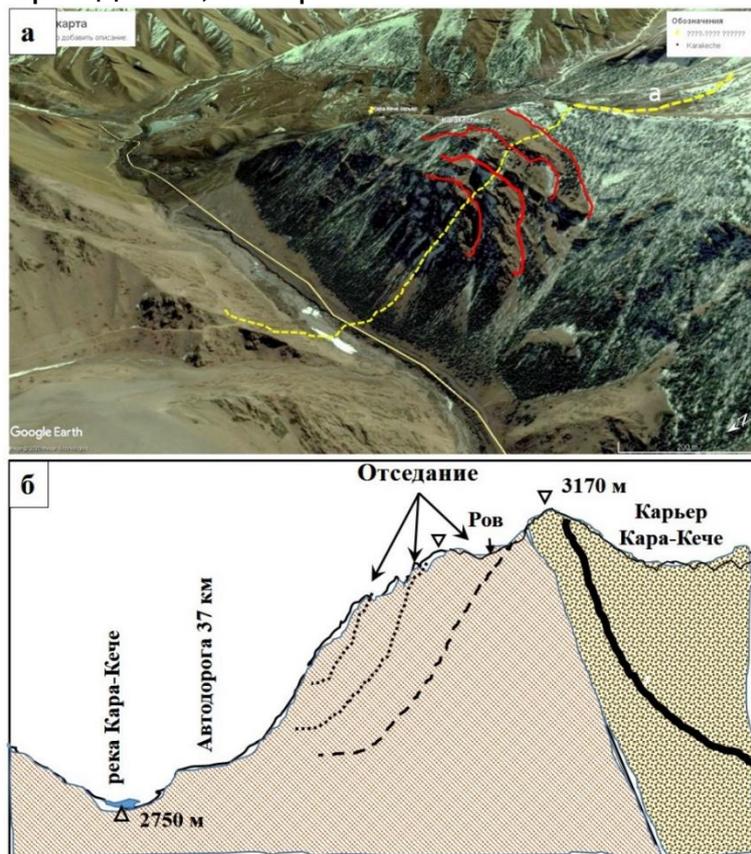


Рис.3. Схема отседания склона на 37 км автодороги Дыйкан – Кара-Кече: а) трёхмерный снимок склона с поперечным профилем, рвом и трещинами отседания (красные линии) блоков горных пород; б) схематически разрез склона с элементами отседания.

К этому следует добавить, что природными факторами обрушения склона по механизму отседания стали следующие горно-геологические условия:

- наличие высокого ( $H = 350$  м) и крутого ( $\alpha > 35^\circ$ ) склона (рис.3б). При глубине несимметричной долины р. Кара-Кече более 350 м давление на горные породы в основании ничем не компенсируется со стороны долины;
- наличие в основании склона слабопрочных пород (гравелитов), которые постепенно деформировались (расплющивались) под весом

налегающих более прочных пород, за счёт чего поверхность склона наклонялась в сторону долины, образуя трещины и рвы отседания;

- крутое падение пластов и слоёв горных пород вглубь склона (рис.3).

Основным техногенным фактором обрушения склона стала длительная эксплуатация угольного месторождения Кара-Кече, оказавшая существенное влияние на изменение гидрогеологических и инженерно-геологических условий на большой площади в окрестностях карьера (рис.2а) за счёт обнажения массива горных пород, их выветривания, фильтрации атмосферных осадков и перераспределения гидростатического давления. Триггерным (спусковым) механизмом обрушения могли стать взрывные работы, которые регулярно проводятся на действующем карьере Кара-Кече.

В настоящее время в Кыргызстане продолжается строительство современных автодорог, в частности, альтернативной дороги Север-Юг с подрезкой склонов (рис.4) и проходкой многочисленных туннелей, планируется строительство международной железнодорожной магистрали Китай-Кыргызстан-Узбекистан, газопровода из Туркменистана через Кыргызстан в Китай. Самый опасный участок автодороги Север-Юг протяжённостью 54 километра проложен от Казармана до слияния рек Нарын и Кокомерен через узкое каньонообразное ущелье с высокими скалами. Наиболее серьёзные геотехнические проблемы возникли при проходке автодорожного туннеля Кёк-Арт в районе одноимённого перевала.

Строительство подобных транспортных коммуникаций в условиях сложного горного рельефа (рис.4) осложняется, тем, что в местах проходки трассы и туннелей часто встречаются крутые склоны с интенсивным проявлением опасных экзогенных (оползни, обвалы, вывалы, камнепады, осыпи, сели) и эндогенных (землетрясения, тектонические подвижки) процессов на определенных участках и площадях.

Нынешний опыт реабилитации автомагистралей Бишкек-Ош, Бишкек-Нарын-Торугарт и практика их последующей эксплуатации свидетельствуют о том, что техногенный прессинг на слабоустойчивые склоны без разработки специальных проектов производства работ, основанных на детальном инженерно-геологическом изыскании и геофизических исследованиях, без надлежащего проектирования, без оценки, прогнозирования и мониторинга рисков и без научного сопровождения чревата стимулированием опасных техногенных процессов с неблагоприятными социально-экономическими последствиями. Во всех подобных проектах необходимо предусматривать комплекс технологических мероприятий, обеспечивающих устойчивость природных склонов и техногенных откосов, выемок (включая туннели) в процессе строительства и последующей эксплуатации транспортных коммуникаций.



Рис.4. Строительство альтернативной автодороги Север-Юг: а) подрезка крутого скального склона; б) подрезка склона с рыхлыми выветрелыми породами; в) бурение взрывных зарядных скважин при прокладке полотна; г) мощный взрыв для обустройства выемки.

Вторгаясь в природу высокогорья и создавая все более мощные инженерные сооружения и комплексы, человечество формирует новые чрезвычайно сложные природно-техногенные системы, включающие техносферу, закономерности которой пока полностью не познаны. Тем самым увеличиваются: неопределенность информации о долговременном функционировании таких систем; риск возникновения техногенных катастроф и аварий в промышленности, энергетике и на транспорте.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Айтматов И.Т., Торгоев И.А., Алёшин Ю.Г. Опасные природно-техногенные процессы и катастрофы в горных районах. В Кн: Горы Кыргызстана. Редколлегия: А.А. Айдаралиев (председатель) и др. – Бишкек: Технология, 2001. - с. 157 – 175
2. Торгоев И.А., Алёшин Ю.Г. Геоэкология и отходы горнопромышленного комплекса Кыргызстана. Бишкек: ИЛИМ, 2009 – 239 с.
3. Торгоев И.А. Ледники, золото и геоэкология Кумтора. - Бишкек, 2016. – 197 с.
4. Торгоев И.А. Техногенные каменные глетчеры на отвалах высокогорного рудника Кумтор // Современные проблемы механики, Научно-технический журнал №39(1), 2020. - с.3-13.
5. Торгоев И.А. Массивный оползень в Кара-Кече // Современные проблемы механики. Научно-технический журнал №39(1), 2020. - с.27-34.