

УДК 624,131:577,4

РАЗВИТИЕ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ НА СКЛОНАХ С ПОДЗЕМНОЙ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОЙ ПОДРАБОТКОЙ

Алешин Ю.Г., Торгоев И.А.

Институт геомеханики и освоения недр НАН КР.

Оползневой мониторинг, проводимый в последние годы на горнодобывающих территориях Кыргызстана, показывает, что экзогеодинамика участков горнопромышленного освоения активизируется не только в период эксплуатации месторождений, но проявляется на протяжении многих последующих десятилетий, создавая чрезвычайные ситуации в старых шахтерских городах и горнорудных посёлках /1,2/.

Активный процесс сдвигание земной поверхности начинается после разрушения грузонесущих элементов шахтных полей. Вслед за этим на подработанных горных склонах, спустя много лет, уже после завершения очистных работ, развиваются оползневые процессы. Подземные пустоты, участки интенсивной трещиноватости горных пород не только эффективно дренируют поверхностные воды, но и транспортируют инфильтрационные потоки к подошве слабоустойчивого четвертичного покрова вблизи подножий склонов, где размещены производственные объекты и жилая застройка. Указанные два фактора - разуплотнение горных пород и их избыточное увлажнение являются основными факторами оползнеобразования на таких территориях. Положение еще более

усугубляется, когда на земной поверхности таких участков формируется отвалы пустой породы, создающие дополнительную пригрузку для слабого четвертичного покрова.

Типичная в этом отношении ситуация сложилась на угольном месторождении Кок-Янгак. Здесь интенсивная добыча угля подземным способом продолжалось на протяжении 60 лет, начиная с 1932 года. При этом отрабатывались вначале пологопадающие затем и крутопадающие пласты угля, близко расположенные к дневной поверхности на глубине от 30 до 100м в приводораздельной зоне хребта Сюрень-Тюбе. В 50-е годы прошлого столетия в отработку уже были вовлечены нижележащие (на глубине более 150 м) пласты. Анализ закономерностей развития экзогенных геологических процессов, в частности оврагов и оползней в юго – восточной части г. Кок-Жангак, развивающихся на теле древнего оползня, крупных оползней в верховьях Кок-Янгак-Сая, показывает, что их формирование связано с изменениями гидрогеологических условий, вызванных влиянием подработанного шахтного поля. Механизм цепочки выглядит следующим образом: развитие подпора подземных вод в годы интенсивных снежных и ливневых осадков, питающихся за их счет, по выработанному подземному пространству, нарушенным элементами кровли, тектоническим разрывам, сменяется суффозионным разрывом слабых прослоев обратно фильтрационными водами при падении уровня грунтовых вод; формирование в этих прослоях зон скольжения, по которым смещаются оползни; в дальнейшем происходит вскрытие мест разгрузки подземных вод и развитие овражной эрозии в деформированном оползневом теле. Здесь главным фактором выступают подземные воды, т.е. гидрогеологические условия определяют характер инженерно геологических условий массива

пород, типы развивающихся ЭГП, особенность их взаимосвязи и взаимообусловленности.

Подземная отработка угольных пластов, залегающих согласно склону на глубине от 50 до 200 м. от дневной поверхности привела к формированию полостей в подземном пространстве ввиду невысоких прочностных показателей вмещающих пород – конгломератов, сланцев и песчаников, их высокой тектонической раздробленности, что повлекло за собой появление на дневной поверхности мурд сдвижения, разрывных нарушений и, как следствие, крупных глубоких оползней. Сдвигение подработанной толщи горных пород является сложным процессом, проявляющемся в совокупности различных форм: опускания слоев пород под действием собственного веса в форме прогиба слоев, оседания толщи пород сжатия слоев под действием опорного давления, сдвига пород по плоскостям напластования слоев, отрыва и обрушения пород непосредственной кровли пласта и другие процессы. В зависимости от интенсивности сдвижения различают его внешние формы -без разрыва сплошности пород; с образованием трещин и разломов; обрушение. Основные виды деформаций при этом – сжатие, растяжение и сдвиг в условиях сложного напряжённого состояния пород и тектонической раздробленности массива.

Характер сдвижения горных пород определяется сочетанием горно-геологических факторов, важнейшими из которых являются: физико-механические свойства и структура горных пород, угол падения, глубина разработки и мощность пластов, размеры выработанного пространства, система разработки, мощность рыхлых отложений (наносов), обводненность пород.

Процесс сдвижения горных пород всегда начинается с прогиба слоев, расположенных непосредственно над выработкой и обычно сопровождается вывалами из кровли. Развитие сдвижения

подработанной толщи происходит в виде последовательного отделения нижележащих слоев от вышележащих и прогиба их по нормали к напластованию подобно балкам или плитам, заземлённых по контуру. По мере подвигания забоя лавы в движение приходят все новые участки подработанной толщи, и при больших размерах выработанного пространства процесс сдвижения толщи пород распространяется до земной поверхности. Начало сдвижения земной поверхности наблюдается после отхода забоя лавы от целика на расстояние $(0,3 \dots 0,5)h$, где h глубина разработки ./3/

В подработанной толще в направлении вверх от выработанного пространства можно выделить три зоны, характеризующиеся разной степенью нарушенности горных пород: обрушения, прогиба с нарушением сплошности слоев в виде трещин и плавного прогиба без нарушения сплошности слоев. Одновременно со сдвижением горных пород происходит перераспределение напряжений в массиве, окружающем горную выработку с образованием зон, повышенного (опорного) давления и пониженного (разгрузки). При этом возникает сдвиг слоев по контактам и, как следствие, ступенчатое оседание толщи горных пород земной поверхности. Явление сдвига усиливается при наличии слабых прослоев на контактах слоев. При этом величины сдвижений и деформаций в направлении по напластованию пропорциональны мощности слоя.

Зоны наибольшего прогибания пород (30-35 кратная мощность угольного пласта, что соответствует ~ 100 м толщи для условий Кок-Янгакского каменноугольного месторождения) являются частями зон трещин. В этих зонах сохраняется остаточное расслоение- больше внизу и меньше вверху. Горный массив даже после прекращения процесса сдвижения сохраняется здесь повышенной водопроницаемостью по сообщающимся параллельным напластованию и нормальным трещинам. На Центральной угленосной площади

практически сразу же после отработки верхних пластов на земной поверхности появились значительные просадки рыхлого четвертичного покрова, представленного лессовидным суглинком, и получили развитие оползни. Однако, до тех пор, пока эти процессы протекали вдали от границ шахтерского посёлка, они не вызывали серьезного беспокойства, но спустя 30 лет после отработки запасов на Центральной угленосной площади на склоне штольни "Капитальная", вблизи ее устья, стал формироваться крупный оползень. Отдельные его блоки объемом до 105 м³ дважды сходили на промплощадку шахты, при этом мощность оползневых тел достигала 20 м, и у подножья стенки отрыва появился родник с резко увеличивающимся расходом воды в период таяния снежного покрова на водоразделе, где сформировалось крупная мульда сдвижения площадью ~ 10 га. На карте-врезке рис. 1 этот оползень показан на участке Б-1 между двумя отвалами пустой породы. Весь массив четвертичного покрова (он представлен лессовидными разновозрастными суглинками) на склоне штольни "Капитальная" был взят под контроль. Предварительно были проведены расчеты сдвижений и деформаций подработанной земной поверхности.

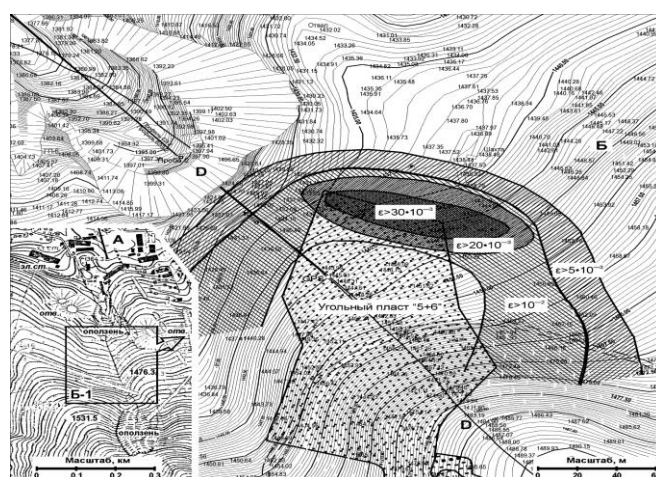


Рис. 1. Обзорная карта оползневого участка (А) и зоны растягивающих горизонтальных деформаций ϵ на поверхности склона штольни "Капитальная" (Б). Отработанный угольный пласт совмещён с дневной поверхностью.

При этом порядок расчета величин сдвижений земной поверхности был установлен таким образом, чтобы соответствовал приблизительно хронологии отработки месторождения, что позволило учесть в расчете влияния активизации сдвижения. Особое внимание было обращено на ближайший к изучаемому оползню пласт угля, который отрабатывался двумя лавами, что связано с крупными тектоническими нарушениями. На участке разработки свиты пластов показатели процесса сдвижения земной поверхности достигали больших величин: максимальное оседание $\eta_m \approx 5,7$ м; горизонтальное смещение $\xi_m = 3,0$ м деформация растяжения $\varepsilon_m \approx 30 \cdot 10^{-3}$. Однако наибольший интерес представляли деформации в нижней части склона в зоне взаимодействия с головной частью оползня; ($\varepsilon_m \approx 30 \cdot 10^{-3}$; см. рис. 1). Эти величины являются запредельными для суглинков, они неизбежно приводят к формированию разрывов в глинистых грунтах твердой и полутвердой консистенции.

Аналитические исследования, выявили возможность формирования оползня на подработанном склоне и в то же время показали направление дальнейшего развития заколов и трещин отрыва по направлению к участку максимальных растягивающих деформаций вверх по склону. Это позволило сделать прогноз о потенциально неустойчивом объёме грунтов ~ 2 млн. м³, который будет способен к оползневому смещению в ближайшие годы, возможно, по частям с вовлечением в оползневой процесс пород горного отвала. Важным результатом проведённых расчетов явилось также однозначное определение участка для установки систем мониторинга и раннего предупреждения оползневой опасности, а также более детального геофизического изучения состояния горного массива. Линии реперов и разведочные профили были заложены преимущественно по падению склона и лишь при наличии местных водоразделов - дополнительно по его простиранию от 20 до 35м, что

позволило получить удовлетворительную точность измерения расстояний специально разработанными дистометрами, обеспечивающими при контролируемой величине натяжения мерной ленты и постоянной температуре ($20 \pm 1^\circ\text{C}$) относительную погрешность измерения, не превышающую $\pm 2 \cdot 10^{-4}$ отн. ед. Динамика оползневых деформаций на протяжении трех лет наблюдений демонстрировала нарастание оползневых смещений со временем.

Геоэлектротомограмма оползневого блока вдоль профиля D-D ясно показывает гидрогеологическое окно латерального водопротока подземных вод в пределах абс. отметок 1440 - 1450 м в верхней части склона на глубине от 17 до 20 м. Хорошо заметны также участки формирования будущих трещин отрыва на дневной поверхности склона, которые идентифицируются по пониженным величинам сопротивлений (рис.2). Методами сейсморазведки уверенно выделена плоскость скольжения на контакте литологических разностей dpQ4 – dpIQ1-2.

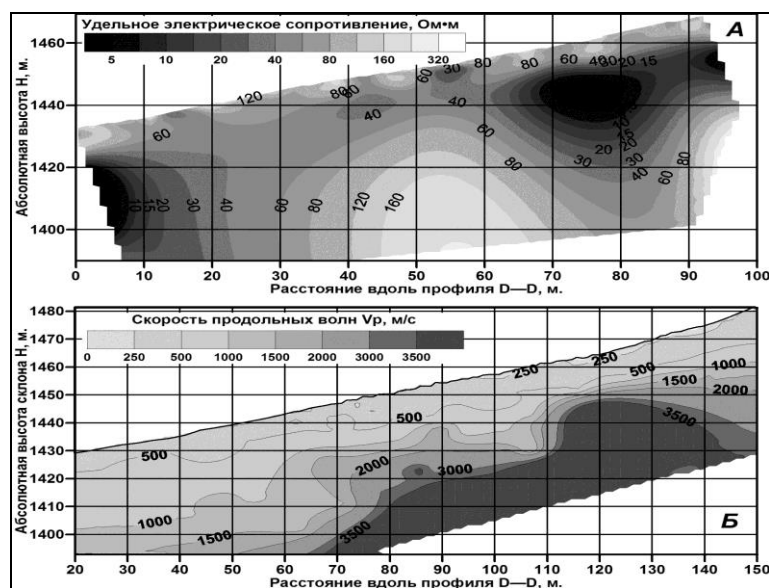


Рис. 2. Геоэлектротомограмма (А) и сейсмотомограмма (Б) горного массива оползнеопасного склона на участке развития деформаций земной поверхности. Разрез вдоль профиля D—D.

Подобные исследование были проведены на большой площади предгорной зоны хребта Сюрень-Тюбе, у подножья которого

расположен крупный шахтерский посёлок Кок-Янгак. Здесь все факторы сдвижения земной поверхности и оползнеобразования: технологические, горно-геологические, тектонические и др. изменяются в широких пределах, что предопределило различные схемы сдвижения пород со сдвигом и без сдвига по напластованию, сдвижения висячего и лежащего блоков, выхода на поверхность зон просадок и разрушений. На таких участках горный массив даже после прекращения процесса сдвижения сохраняет повышенную водопроницаемость по сообщающимся параллельным напластованию и нормальным трещинам. Модуль вектора общего сдвижения лессовидного покрова на участках выемки свиты пластов может достигать 5-6 м, что соизмеримо с величинами оползневых подвижек. Подобные крупные нарушения всей подработанной площади определили значительный оползневой потенциал территории, в то время как реализация этого потенциала продолжается и, более того, активизируется спустя много лет после завершения горных работ.

В Майлуу-Суу (рис. 3) при освоении уранового месторождения и интенсивного шахтного строительства в период с 1946 по 1955 год в зоне горного отвода было зарегистрировано от 50 до 60 новых оползней /4/. Средняя скорость приращения числа оползней в этот период достигало 5-7 оползней в год. В последующие 40 лет, прошедшие после отработки месторождения этот показатель составлял ~ 2 оползня/год, а общее число современных оползней, включая стабилизировавшиеся и активные, достигло в настоящее время 215. Активность многие оползней продолжается десятки лет, что наиболее характерно для крупных, объем которых превышает 1 млн.м³.

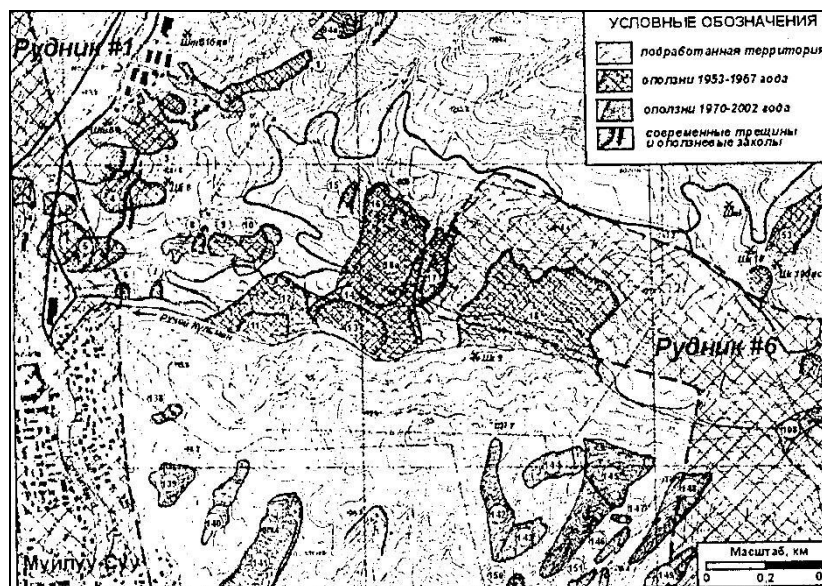


Рис. 3. Оползневая ситуация в Майлуу-Суу на участке, подработанном рудниками # 1 и 6

В тех случаях, когда плоскости ослабления в массиве выражены отчетливо, например, представлены плоскостями напластования и контактами слабых пород, происходит сдвиг больших призм пород под пологими углами. Наиболее благоприятные условия для подобного сдвига существуют там, где плоскости контактов подрезаны очистными выработками. Так, например, в районе рудника Шекафтар, где с 1946 по 1967 год велась добыча урановых руд, спустя два года после закрытия рудника произошло сдвижение крупного блока известняков палеогена на склоне площадью более 1,5 км². В последующие годы фиксировались подвижки до 10-15 см в год, а в 1994 году произошла резкая активизация сдвижения склона (рис. 4) с образованием у его подножья в зоне жилых строений валов выпирания и рвов глубиной до 3 м. Пласт известняка оказался разбит системой трещин.



Рис.4. Оползень в пос. Шекафтар спустя 40 лет после отработки рудника

Анализ опыта работы горнодобывающих предприятий, обобщение результатов натурных инструментальных наблюдений на рудных месторождениях и угольных шахтах Кыргызстана показали, что активизация динамики земной поверхности на участках жилой застройки, примыкающих к зонам техногенеза, происходит не только в период проведения горных работ, но также много лет и даже десятилетий после отработки запасов. Геомониторинг земной поверхности здесь необходимо проводить длительное время, не прерывая его в связи с закрытием горнодобывающего предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алешин Ю.Г., Торгоев И.А., Ялымов Р.Н., Абдубаитов Ш.А. Особенности сдвижения земной поверхности и оползневые риски на горнопромышленных территориях Кыргызстана//Геомеханика в горном деле. Екатеринбург: ИГД УРО РАН, 2005. С.285-175

2. Торгоев И.А., Алешин Ю.Г. Геоэкология и отходы горнопромышленного комплекса Кыргызстана. Бишкек: Илим. 2009 -240с.
3. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного владения подземных выработок на угольных месторождениях /МУП СССР. М.: Редра. 1981. 288с.
4. Коваленко Д.Н., Алешин Ю.Г., Торгоев И.А., Червонцев П.Г. Освоение уранового месторождения и эволюция геодинамики Майлуу-Суу// Оценка и управление природными рисками: Материалы Всероссийской конференции «Риск-2003»: в 2-хт. Т.1-М.: РУДН, 2003. С 128-132.