

---

---

## ГЕОТЕХНОЛОГИЯ И ОСВОЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

---

---

УДК 622.834.1

### ФОРМЫ СДВИЖЕНИЯ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

**Абдибаитов<sup>1</sup> Ш.А., Исаев<sup>2</sup> Б.А.**

<sup>1</sup>Институт геомеханики и освоения недр Национальной академии наук Кыргызской Республики, <sup>2</sup>Кыргызский государственный университет геологии, горного дела и освоения природных ресурсов имени академика У.Асаналиева

В статье рассмотрен анализ форм сдвижения подработанного массива пород под влиянием подземных разработок при освоении месторождений твердых полезных ископаемых

**Ключевые слова:** деформация, сдвижение, горные породы, массив, месторождение, форма, подземная разработка, обрушение

### КАТУУ ПАЙДАЛУУ КЕНДЕРДИ ЖЕР АСТЫНДАГЫ КАЗЫП ИШТЕТҮҮДӨ ТОО ТЕКТЕРИНИН ТУЛКУСУНУН КЫЙМЫЛГА КЕЛИШИНИН ФОРМАЛАРЫ

**Абдибаитов<sup>1</sup> Ш.А., Исаев<sup>2</sup> Б.А.**

<sup>1</sup>Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Геомеханика жана жер казынасын өздөштүрүү институту

<sup>2</sup>Академик У.Асаналиев атындагы Кыргыз мамлекеттик геология, тоо-кен иши жана жаратылыш байлыктарын өздөштүрүү университети

Макалада катуу кендерди жер астында иштетүү учурунда тоо-кен казып алуу жумуштарын таасиринен иштетилген тоо тектеринин массивинин жылышуу формаларын талдоо жөнүндө сөз болот

**Баштапкы сөздөр:** деформация, жылышуу, тектер, массив, кен, форма, жер астындагы казуу, кыйроо

# RESEARCH METHODS AND FORECASTS OF ROCK MASS SHIFT UNDER THE INFLUENCE OF UNDERGROUND MINING

Abdibaitov<sup>1</sup> Sh.A., Isaev<sup>2</sup> B.A.

<sup>1</sup>Institute of Geomechanics and Subsoil Development of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic

<sup>2</sup>Kyrgyz State University of Geology, Mining and Development of Natural Resources named after academician U. Asanaliev

In the article, research of analyze methods and forecasting of shifting of the subsoil massif under the influence of underground mining at developing deposits of solid minerals are considered

**Key words:** deformation, shift, rock mining, massif, field, shape, underground mining, collapse

Современное человеческое общество основную часть своей потребности в минеральном сырье удовлетворяет за счет подземной добычи полезных ископаемых. Такой способ разработки месторождений сопровождается нарушением равновесия и сдвижением горных пород, которое в зависимости от параметров и технологии разработки может либо локализоваться внутри массива, либо проявляться на земной поверхности в виде провалов, террас, трещин и зон плавных деформаций.

Актуальность исследований по определению условий образования провалов земной поверхности при подземной разработке месторождений полезных ископаемых с каждым годом усиливается. Необходимость этих исследований обусловлена опасностью разрушения от воздействия процесса сдвижения как поверхностных сооружений горных предприятий, так и окружающих промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений, а также природных объектов, попадающих в зону влияния подземных разработок. Наряду с разрушениями подрабатываемых объектов, процесс сдвижения пород нередко создает опасность и для самих подземных работ, в частности, образование зон обрушения и водопроявляющих трещин при выемке полезного ископаемого под реками, озерами и водоемами или при наличии карстов, обводненных пород, пльвунов и т.п., может привести к прорыву вод и затоплению подземных выработок.

Инженерные решения, не учитывающие основные влияющие факторы, при расчете устойчивости породного массива, приводят, как правило, к экономическим ущербам, нередко и к человеческим жертвам, отрицательно сказываются на эффективности использования подземных пустот, а также могут привести к значительным потерям полезного ископаемого в предохранительных целиках, оставляемых под охраняемыми объектами для предотвращения опасного процесса сдвижения.

Образование провалов связано с обрушением пород кровли. С уменьшением прочности налегающих пород величина безопасной глубины также изменяется, и в расчетные формулы вводятся соответствующие значения коэффициента в зависимости от прочности пород. Это связано с тем, что характер обрушения пород и параметры процесса сдвижения существенно зависят от физико-механических свойств и структурных особенностей пород.

Механические свойства и структурные особенности горных пород оказывают влияние на все параметры и показатели процесса сдвижения и образования провалов. Наиболее тесная зависимость этого фактора прослеживается в значениях углов сдвижения у нижней границы выработанного пространства рудных тел  $\delta$ , полученных при различных свойствах пород. На основании указанной зависимости Д.А.Казаковский составил классификацию угольных месторождений, используя значения крепости пород  $f$  в качестве одного из определяющих признаков [1]. На этом же принципе построены некоторые разделы общих правил охраны сооружений от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях [2].

Для более сложных и разнообразных условий разработки рудных месторождений данных имеется меньше и оценка прочностных свойств в различных Правилах охраны сооружений дается разная. Так, во временных правилах [3], прочностные свойства характеризуются также только коэффициентом крепости пород  $f$ . При прочих одинаковых условиях слабые и средней крепости породы ( $f < 8$ ) начинают сдвигаться при меньших размерах выработанного пространства и процесс сдвижения развивается до земной поверхности при больших отношениях  $H/L$ , чем в крепких и весьма крепких породах ( $f > 8$ ).

Процесс сдвижения наиболее широко изучен на месторождениях со слоистым строением пород, к которым относятся все угольные и сланцевые месторождения и более 60% рудных месторождений. На основании выявленных здесь закономерностей разработаны методы расчета сдвижений и деформаций, позволяющие удовлетворительно решать многие задачи производства [4].

На месторождениях слоистого строения с увеличением крепости пород наблюдается переход от сдвижения в форме прогиба слоев к сдвижению в форме отрыва и обрушению блоков пород в выработанное пространство, поэтому при крепких и весьма крепких породах процесс сдвижения проявляется в более резкой форме и углы разрывов и сдвижений увеличиваются. При прочных породах и увеличении глубины работ деформации пород быстро затухают и прекращаются.

При выемке залежи, залегающей согласно с вмещающими слоистыми породами, по мере увеличения размера выработанного пространства происходит перераспределение напряжений в окружающем массиве. По достижении выработкой предельного пролета прогибающиеся

слои кровли обрушаются. С увеличением площади подработки последовательно прогибаются и отслаиваются вышележащие слои.

Необходимо отметить, что признаком обрушения при этом считается нарушение первичной структуры пород, разделение их на не связанные друг с другом элементы – куски, блоки. Наличие в горных породах, выработках или на земной поверхности трещин еще не дает оснований считать, что произошло обрушение. Обрушившиеся породы занимают большой объем, чем в массиве, что препятствует дальнейшему обрушению. В результате последовательного обрушения слоев образуется свод, основанием которого является контур выработки.

При крутых углах падения разработка больших залежей системами с обрушением в сильно сланцеватых породах вызывает расслаивание и прогиб пород в сторону выработанного пространства, подобно консольным балкам. На земной поверхности образуются трещины с уступами, обращенными в сторону границ мульды сдвижения. Такие трещины установлены на Советском золоторудном месторождении и в Криворожском бассейне [5], а на угольных месторождениях – в Центральном Донбассе [4,6].

При разработке мощных крутопадающих залежей происходит также сдвижение пород лежачего бока. Форма сдвижения пород лежачего бока – сдвиг по поверхностям напластования и главным образом по ослабленным контактам различных по своим механическим свойствам пород. Сдвижение пород лежачего бока в форме сдвига по контактам слоев типично для многих месторождений Криворожского бассейна [7].

При складчатом залегании пород характер процесса сдвижения зависит от формы и размера складки. Особенно это заметно на складках синклинальной формы. В тех случаях, когда расстояние между выходами пласта на поверхность на разных крыльях складки соизмеримы с длиной мульды сдвижения, процесс сдвижения развивается и замыкается, как правило, внутри этой складки. В тех случаях, когда размеры синклинальной складки в плане несколько раз превышают размеры мульды сдвижения, на выходе осевой плоскости складки на поверхность (если она попала в зону влияния горных работ) наблюдается значительная концентрация деформаций [4].

В условиях несогласного залегания пород характер процесса сдвижения и обрушения зависит от мощности несогласно залегающих пород и их доли в составе общей толщи. Наиболее часто несогласно с коренными породами залегают третичные и четвертичные отложения (наносы). При мощности менее 20м и доле участия менее 10% наносы практически не оказывают влияния на характер процесса сдвижения. При мощности наносов более 100м и их доле участия более 50% влияние угла падения на развитие процесса сдвижения полностью сглаживается и характер распределения деформаций в мульде сдвижения получается таким же, как и при горизонтальном залегании коренных пород. В этих

условиях происходит обычно сдвиг коренных пород относительно наносов, вызывающий нередко значительные деформации вертикальных стволов шахт.

В тех случаях, когда наносы составляют 10-50% общей толщи пород, влияние угла падения на процесс сдвижения в той или иной степени сглаживается, при этом характер распределения деформаций в мульде сдвижения подобен характеру распределения при некотором условном угле, занимающем промежуточное положение между углами наклона коренных пород и наносов. Значение этого условного угла  $\alpha^1$  во многих случаях удовлетворяет зависимости [4]:

$$\operatorname{tg} \alpha^1 = \operatorname{tg} \alpha - (h/H),$$

где  $\alpha$  – угол падения коренных пород;  $h$  – мощность наносов;  $H$  – глубина горных работ. При отрицательных значениях  $\operatorname{tg} \alpha^1$  угол  $\alpha^1$  принимают равным нулю.

Неслоистые вмещающие породы, как правило, отличаются большой крепостью и незначительной деформируемостью. Поэтому сдвижения и деформации в зонах опорного давления при малой и средней глубине разработки невелики, чем объясняется незначительное развитие зоны плавных сдвижений в этих условиях и равенство значений соответствующих углов сдвижения и углов разрыва.

Процесс сдвижения при отработке тонких жил в крепких вмещающих породах проявляется на земной поверхности в виде обрушений выветрелых коренных пород и наносов (Садонское, Березовское и Кочкарское месторождения) или в виде плавных сдвижений (рудники Бестюбе, Степняк, Дарасун). Нередко земная поверхность остается в устойчивом состоянии (Артемовский и Раздольнинский рудники) [8].

Наряду с общими чертами процесс сдвижения горных пород на отдельных месторождениях (даже со слоистым строением пород) имеет свои специфические особенности. Эти особенности определяются в основном условиями залегания пород, системами разработки, способами управления горным давлением и другими влияющими факторами [4].

Выводы. Таким образом, из вышесказанного следует, что процесс сдвижения массива горных пород и образования провалов при разработке угольных и рудных месторождений развивается в соответствии с общими законами геомеханики. Однако различие свойств вмещающих пород, морфология рудных тел, применяемая технология разработки и другие особенности придают процессу сдвижения на рудных месторождениях определенную специфику, препятствующую использованию в полной мере опыта прогнозирования его параметров. Параметры сдвижения изменяются в течение всего промежутка времени разработки месторождения, что затрудняет их прогнозирование по результатам инструментальных наблюдений [5,8,9].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Казаковский Д.А. Сдвигение земной поверхности под влиянием горных разработок. –М. – Харьков:Углетехиздат, 1953. –228с.
2. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях: Утв. Минуглепром СССР 29.12.79. –М.:Недра, 1981. –288с.
3. Временные правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок месторождений цветных металлов с неизученным процессом сдвигения горных пород: Утв. Минцветмет СССР 30.06.86. –Л.: ВНИМИ, 1986. –74с.
4. Турчанинов И.А., Иофис М.А., Каспарьян Э.В. Основы механики горных пород. –Л.: Недра, 1989. –488с.
5. Сдвигение горных пород на рудных месторождениях. Кузнецов М.А., Акимов А.Г., Кузьмин В.И. и др. –М.: Недра, 1971. –224с.
6. Синанян Р.Р. Маркшейдерское дело. –М.: Недра, 1988. –312с.
7. Малахов Г.М. Управление горным давлением при разработке рудных месторождений Криворожского бассейна. –Киев: Наукова Думка, 1990., –204с.
8. Сашурин А.Д. Сдвигение горных пород на рудниках черной металлургии. –Екатеринбург, ИГД УрО РАН, 1999. –268с.
9. Шадрин А.Г. Теория и расчет сдвижений горных пород и земной поверхности. –Красноярск. Изд-во ун-та, 1990. –199с.