

інші]. (Україна) От 10.06.2009. Бюл. № 11.

15. Иофис М.А. Инженерная геомеханика при подземных разработках / М.А. Иофис, А.И. Шмелев. – М.: Недра, 1985. – 248 с.

16. Якуцени В.П. Интенсивное газонакопление в недрах / В.П. Якуцени. – Л., Наука, 1984. -122 с.

17. Патент Украины № 34472 E21F 7/00. Спосіб визначення зон тріщинуватості у вуглепородному масиві / В.А. Баранов, П.С. Пашенко (Україна). От 11.08.2008. Бюл. № 15.

**УДК 552.513.08:551.311.23**

Д-р геол. наук В.А. Баранов,  
аспирант Зинга Тереза Кондида да Коста  
(ИГТМ НАН Украины)

### **УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЭОЛОВЫХ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ**

У статті освітлені проблеми дослідження кори вивітрювання. Представлені результати вивчення складу, структури і умов формування кори вивітрювання в піщаному кар'єрі на річці Бик. Приведені дані спектрального, рентгеноструктурного, петрографічного аналізів. Показана зіставленість мінералогії діагенетичних пісковиків геологічного пам'ятника Кам'яна Могила і пісковика кори вивітрювання піщаного кар'єру ділянки дослідження.

### **CONDITIONS FOR EOLION CRUST OF WEATHERING FORMATION**

The article covers problems of crust of weathering investigation and presents composition, structure and conditions of formation of the crust of weathering in sand quarry of the Byc river. Results of spectral, X-ray diffraction and petrographic analyzes are shown. Comparability between mineralogy of diagenetic sandstone in the geological relict Stone Grave and mineralogy of sandstone of crust of weathering in the sand quarry area under investigation is shown.

Коры выветривания, как тип пород, были выделены и введены в научную геологическую литературу швейцарским геологом А. Геймом (1879), по результатам исследований продуктов разрушения горных пород в Альпах [1]. В качестве самостоятельного научного направления в отечественной науке учение о корах выветривания сформировалось в начале XX-го столетия благодаря работам Б.Б. Полынова и И.И. Гинзбурга, а также ученых из Германии, Швеции, США и др. стран. По форме указанные образования бывают площадного (перекрывающего коренные породы) и линейного (вытянутые вдоль нарушений) типа, а по минеральному составу выделяется четыре минерально-геохимические зоны: дезинтеграции, выщелачивания, глинистых минералов, окислов и гидроокислов.

По современным представлениям отложения, оставшиеся на месте своего образования, называются остаточной корой выветривания, а перенесенные на некоторое расстояние – переотложенными. Кроме этого исследователи выделяют инфильтрационную кору выветривания, образованную в результате проникновения перешедших в раствор минералов железа, марганца, кальция, кремния и других на некоторую глубину. Часть геологов выделяет аккумулятивную кору выветривания, представленную переотложенными осадками – делювием, пролювием, аллювием и др.

Указанные породы разделяют на современные, не перекрытые сверху чехлом осадочных пород и обычно относящиеся к неоген-четвертичному возрасту, и

древние – палеогенового и более раннего образования, перекрытые другими породами [2]. Позже, в шестидесятые годы XX столетия, Н.Б. Вассоевич предложил выделять скрытый или криптогипергенез, протекающий в анаэробной обстановке и идиогипергенез, протекающий в аэробной обстановке. Причем, первому процессу, в общих чертах соответствует выделенный Л.Б. Рухиным регрессивный эпигенез [3].

По мнению одного из ведущих специалистов в данной области А.Д. Додатко (2004), кора выветривания – это совокупность остаточных продуктов разрушения пород, имеющих значительную мощность, обладающих реакционной зональностью вертикального профиля и сохраняющих текстурно-структурные особенности материнских пород. Данный автор термины «элювий» и «кора выветривания» использует как синонимы и указывает, что под понятием «выветривание» понимаются процессы изменения (разрушения и преобразования) пород и минералов на поверхности Земли и вблизи от нее под воздействием газов атмосферы, воды и живых организмов. На уровне качественного разделения автором выделено четыре реакционные зоны в стратиграфическом разрезе. Первая (снизу вверх) – зона начальных продуктов разрушения; вторая – зона промежуточных (неустойчивых) продуктов выветривания; третья – зона устойчивых продуктов выветривания и четвертая – зона конечных продуктов выветривания (свободных оксидов). Выделенные зоны, в общем виде соответствуют приповерхностным (анаэробным) и поверхностным (аэробным) условиям, выделенным ранее другими авторами и приведенные в [1].

Таким образом, в настоящее время, существующее представление о корах выветривания основывается на процессах формирования элювия в поверхностных (аэробных) условиях и начальных процессах (предразрушение) преобразования пород в приповерхностных (анаэробных) условиях, глубины которых количественно не установлены и определяются свойствами пород, глубиной проникновения инфильтрационных вод, атмосферного воздуха, степенью тектонических процессов.

Кроме приведенных данных об образовании элювиальных отложений *in situ*, исследователи предлагают относить к месторождениям кор выветривания скопления пород и полезных ископаемых ближнего сноса и дальнего переноса. Для месторождений ближнего сноса (бокситов, монтмориллонитовых глин, каолинов и других) обычно можно установить источники сноса, в связи с чем, их с определенной условностью, можно отнести к элювиальным. Месторождения дальнего переноса (аллювиальные, прибрежно-морские и другие), источники сноса которых неопределимы, относить к элювиальным по [2] нецелесообразно.

Отсюда видно, что при рассмотрении месторождений или осадков пород, сформированных в отрыве от источника сноса – возникают трудности с их идентификацией и насколько это оправдано – вопрос спорный.

Кроме приведенных условий формирования пород и их типов, есть еще один вид коровых отложений, не выделенный ранее, несмотря на широкое описание процессов его формирования. Речь идет об эоловых корах выветривания.

По современным представлениям, выветриванием называется сумма физиче-

ских, химических и физико-химических процессов преобразования горных пород и слагающих их минералов на поверхности суши под влиянием факторов и условий географической среды. Раньше считалось, что выветривание слабо связано с деятельностью ветра. Ветровая деятельность, по мнению ряда исследователей, имеет весьма отдалённое отношение к процессам выветривания. Чтобы избежать этой неясности смыслового и буквального значения термина "выветривание", А.Е. Ферсман в 1922 г предложил процессы преобразования горных пород и минералов на поверхности и в приповерхностной зоне обозначить термином "гипергенез" (от греч. *hyper* – сверху, над), имевший как достаточно широкое толкование эндогенных процессов, так и узкое – поверхностные изменения пород.

Согласно [4], среди месторождений выветривания существуют три разновидности: площадные, линейные и приконтактовые. К деятельности ветра эти три вида практически не имеют отношения. По мнению приведенного автора, золотые россыпи образуются главным образом вдоль морских побережий или в сухих пустынных областях, но не за счет привноса ветром полезного ископаемого, а за счет эолового, а также физического и химического выветривания вмещающих минералов и пород. Таким образом, формируются, к примеру, россыпи алмазов пустыни Намиб в Юго-Западной Африке. Однако результаты последних исследований показывают, что деятельность ветра в некоторых случаях может являться доминирующей [5].

Достаточно образно деятельность ветра описал Н.М. Страхов в Основах теории литогенеза (1962), где указывал, что при недостатке собственных метеорных осадков в пустынных областях, бассейновая седиментация в них развивается слабо и отличается бедностью форм. Она сводится к садке обломочных частиц, карбоната кальция и гипса, по мере того, как происходит быстрое высыхание большой дождевой лужи. Резкое ослабление деятельности воды в засушливой зоне ассоциируется со значительной и энергичной деятельностью ветра. Огромная сила ветра - характерная черта пустынь. Каждая пустыня является центром бурь. Пыльные смерчи представляют в ней ежедневное явление и взметают колоссальные облака и тучи пыли на сотни метров в высоту. Этот напряженный ветровой режим неизбежно приводит к выносу из пустынь и к отложению по их периферии тончайше раздробленного глинистого материала. Вся пыль, образовавшаяся в пустыне, переносится с места на место, постепенно вновь поднимается, нигде не оседает, каждый порыв ветра толкает ее, и, наконец, она достигает краев пустыни. Обычно таким краем является степная местность, где инсоляция слабее, а ветры реже и слабее, где почву чаще орошают осадки и защищает богатая растительность. В этой обстановке оседающая пыль фиксируется и образует постепенно толщи лёсса, свойственного обычно степям, прилегающим к пустынной зоне. В Африке, где к Сахаре вплотную подходит Атлантический океан, тучи пыли выносятся на площадь последнего и принимают участие в сложении его осадков (так называемая пассатная пыль). О количествах выносимого материала дает представление тот факт, что в 1863 г. на Канарских островах выпал пыльный дождь, масса которого достигла 3 944

000 м<sup>3</sup>.

Внутри собственно пустыни деятельность ветра приводит к созданию огромных подвижных песчаных площадей - дюнных полей, характерного образования пустыни. Источники песка различны: физическое выветривание массивных пород, развевание древних песчаных и песчано-глинистых морских, озерных и речных отложений, занос внутрь пустыни песка с морского побережья и т. д. Любая смесь в пустыне, содержащая песчаные зерна образует рыхлый песок, и количество его во всех пустынях с ходом их развития все увеличивается. Размеры песчаных площадей колоссальны: Кара-Кумы, например, занимают территорию примерно 240 000 км<sup>2</sup>, Сахара же и Гоби имеют еще большую площадь - около 7 000 000 км<sup>2</sup> первая и примерно  $2 \times 10^6$  км<sup>2</sup> вторая.

Весь описанный ход седиментогенеза засушливых зон связан с их собственными энергетическими и материальными ресурсами и потому может быть назван автохтонным аридным седиментогенезом. По сути дела он эквивалентен седиментогенезу гумидных зон, отличаясь от последнего резким подавлением бассейновой седиментации и развитием субаэральных - эоловых и делювиально-пролювиальных форм. Автохтонным седиментогенезом на площади аридных зон дело, однако, не исчерпывается. Характерную черту их составляет то обстоятельство, что наряду с автохтонным имеет место еще аллохтонный седиментогенез, связанный со вносом на площадь полупустынь и пустынь материала из соседних горизонтальных и вертикальных гумидных зон. Возможность развития аллохтонного седиментогенеза коренится в геоморфологических условиях засушливых полос.

В этой связи актуальность приобретают результаты исследований Б.М. Михайлова, опубликованные в [6]. По его данным, по мере перехода к более древним элювиальным образованиям резко сокращается их продуктивность. Наиболее древние рудоносные коры выветривания приурочены ко второй половине девона. Элювиальные месторождения докембрия и нижнего палеозоя не известны, что указанный автор объясняет отсутствием в те времена условий для формирования мощных кор глубокого химического выветривания. По этой причине наиболее богаты полезными ископаемыми коры выветривания олигоцен-четвертичного этапа развития Земли, что не противоречит [7].

Теперь перейдем к изложению результатов исследований, полученных в 2012-2013 годах на юге Украины. В результате полевых исследований в песчаном карьере местного значения на берегу реки Бык, на границе Донецкой и Днепропетровской областей, была выявлена кора эолового выветривания предположительно четвертичного возраста, представленная диагенетическим песчаником желто-бурого цвета, в котором кварцевые зерна разной степени окатанности сцементированные окислами и гидроокислами железа (рис. 1). Мощность желто-бурых отложений диагенетического песчаника на бортовой части карьера меняется от 1,0 до 3,0 м, в среднем, составляя 1,5 м. Органические остатки, по которым можно было бы установить возраст, не найдены. Указанный участок расположен на северо-восточной окраине УЩ, в месте сочленения с Западным Донбассом. Собственно, под незначительными по мощности отложе-

ниями кайнозоя и мезозоя (метры – десятки метров), на участке исследований находятся нижнекарбоновые угленосные отложения.

Мономинеральность обломочных зерен указывает на достаточно хорошую сортировку и дифференциацию песка в процессе переноса, когда остаются наиболее прочные и устойчивые к различного рода воздействиям минералы, в данном случае – кварц. Определение источника или источников сноса его нуждаются в промежуточных исследованиях, поскольку нельзя однозначно утверждать – это Украинский щит, отложения Донбасса или были задействованы в этом процессе оба района. Цемент, представленный разного рода окислами железа, может быть как авто- так и аллохтонным. Рассмотрим оба варианта в контексте формирования данной коры выветривания, с учетом геоморфологических условий исследуемой территории в недалеком прошлом.

Привнос окислов и гидроокислов железа мог осуществляться со щита, до которого по прямой около 20 км. Широко известных способов переноса два – водными потоками или ветром. Если бы перенос осуществлялся водными потоками, в указанной толще должны быть разного рода и генезиса органические остатки, но их не было обнаружено. Кроме этого, в коре выветривания прослеживаются линзообразные тела каолинита, что хорошо видно на рис. 1.

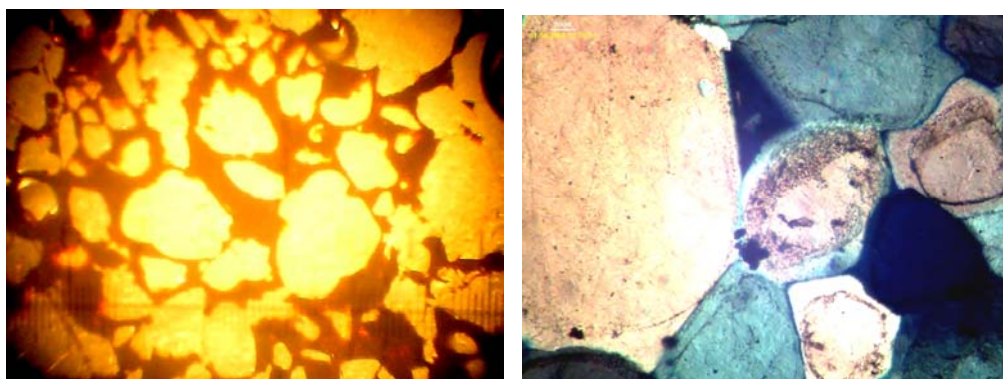


Рис. 1 – Кора выветривания, вскрытая песчаным карьером. Видны линзовидные прослои каолинита (светлые участки)



Каолинит визуально чист от примесей, белого, светло-серого цвета, относительно плотный, мощностью от нескольких до 20-40 см. От ближайших месторождений каолинита (Просьянское и др.) до участка исследований около 30 км. Мощность вскрышных пород – 3-5 м. Причем и вскрышные породы, и находящиеся в почве – рыхлые пески и супеси светло-желтого цвета.

Кора выветривания отличается относительной сцементированностью крупнозернистого, местами гравелитистого песка (размер зерен до 1-2 мм), причем в качестве цемента выступает не кварц, как в эоловых песчаниках палеодюны геологического памятника Каменная Могила [5], а гидроокислы железа (рис.2а,б).



а

б

а – шлиф диагенетического песчаника из коры выветривания песчаного карьера, проходящий свет, ув. 35<sup>X</sup>, около 40 % окатанных зерен, структура средне-крупнозернистая, цемент из гидроокислов железа; б – шлиф диагенетического песчаника из коры выветривания (палеодюна) геологического памятника Каменная Могила, кварцевый цемент, проходящий свет, ув.100<sup>X</sup>

Рис. 2 – Песчаники памятника Каменная могила

Кора выветривания представлена относительным переслаиванием диагенетических кварцевых ожелезнённых песчаных прослоев и линз каолинита (в подчиненном объеме), поэтому можно высказать следующее предположение. Выходы железистых кварцитов в регионе расположены западнее участка исследований, выходы гранитоидных массивов – на юге и юго-западе. Следовательно, ветры субширотного направления могли приносить из запада окислы железа (в виде пыли), ветры субмеридионального направления – каолин из гранитоидных массивов, который линзообразно заполнял отрицательные формы рельефа.

Поскольку времени на исследования было немного, сейчас трудно проводить параллель между данной корой выветривания и корой в районе Каменной Могилы (расстояние между ними около 200 км), где установлена кора выветривания, представленная диагенетическим ожелезнённым песчаником, эолового происхождения, сцементированного кремнистым цементом. Разница между приведенными объектами в том, что песчаник палеодюн в районе Каменной Могилы сложен хорошо окатанными кварцевыми зернами (около 80 % хорошо и среднеокатанных зерен), в коре выветривания песчаного карьера, хорошо

окатанных зерен около 40 %. Кроме этого, в последнем, в качестве цемента представлены гидроокислы железа, имеющие полностью аморфную, нераскристаллизованную структуру (в проходящем свете – темный), а в песчанике Каменной Могилы кремнистый цемент структурирован, раскристаллизован (см. рис.2а,б).

Поскольку в разговорах со специалистами-литологами возникали разногласия именно из-за фактора переноса кварцевых зерен (водными потоками или ветром), приведем результаты других исследователей, изложенные в книге О.В. Япаскурта [8]. В ней, в частности, указывается, что одноактный перенос кварцевых зерен водными потоками даже на значительные расстояния (Миссисипи, Лена), не приводит к хорошей степени окатанности. В то же время, экспериментальными работами П. Кюнена в середине XX века, выполненными в водном и воздушном потоке было установлено, что для водной среды первичное округление зерен (1-2 %) достигается на первых сотнях километров. В дальнейшем, абразия кварцевых зерен в водном потоке становится незначительной (0,1 % на 10000 км для средних полуокатанных зерен). Эоловая абразия, смоделированная в воздуходушных системах, приводит к потере веса зерен в 100-1000 раз большей, чем при водной транспортировке. Таким образом, экспериментально доказана более значительная эффективность сухого трения в процессе окатывания зерен, чем мокрого или в водной среде. В принципе это логично, разность сопротивления минералов и пород в сухих и мокрых условиях очевидна. Здесь необходимо учитывать то обстоятельство, что условия переноса в течение длительного времени переноса могут меняться

Кроме петрографического был задействован и рентгенографический метод, использованный для уточнения состава и структурных характеристик песчаника из коры выветривания песчаного карьера. Дело в том, что свежие сколы проб песчаника часто имели фиолетово-синие оттенки, предположительно вызванные присутствием вивианита – фосфористой окиси железа (рис.3).



Рис.3 – Образцы песчаника из коры выветривания песчаного карьера, имевшие фиолетово-синие оттенки на сколах, позже ставших желто-бурыми

Поскольку анализ выполнить сразу не удалось, по прошествии двух месяцев, рентгеноструктурный метод фосфористых соединений четко не показал, что свидетельствует о достаточно высокой летучести фосфора. Примерно через месяц, после отбора проб, они из фиолетово-синих превратились в желто-бурые, фосфорные соединения сублимировались. Остались окислы и гидроокислы железа и разные структурные модификации кварца: кристаллической, аморфной, возможно и других переходных структурных разновидностей (рис. 4).

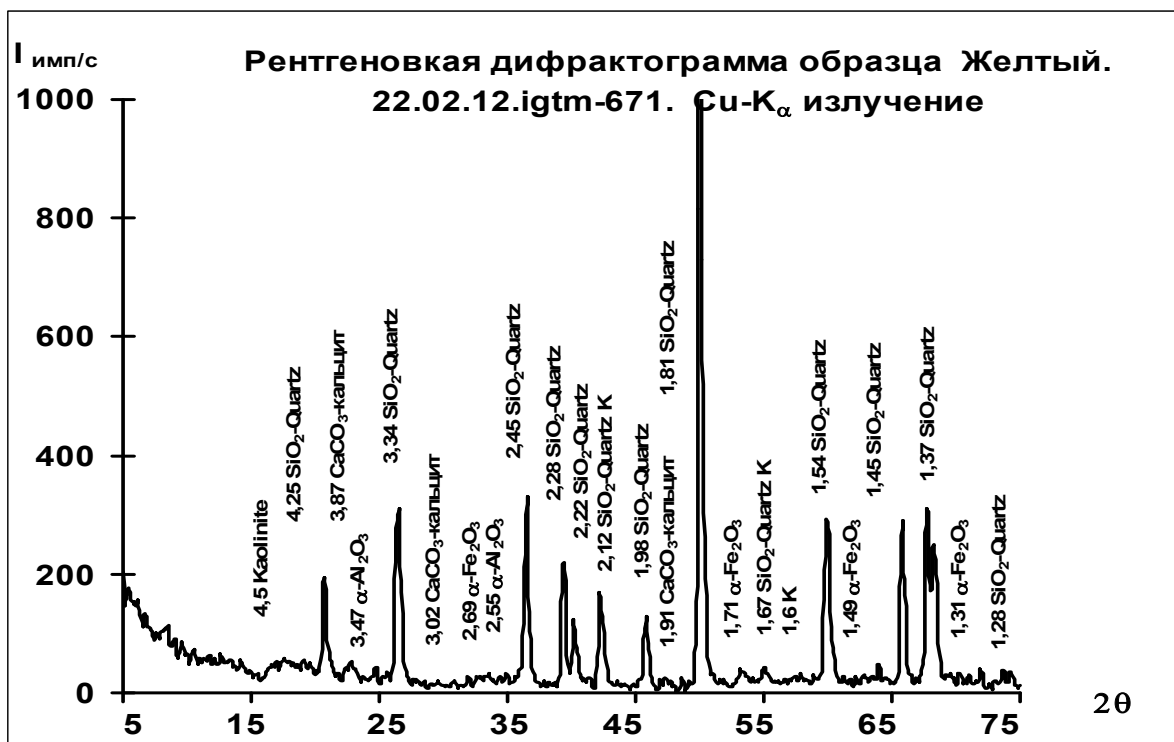


Рис. 4 – Рентгеновая диффрактограмма железного песчаника из коры выветривания песчаного карьера

Спектральный анализ отобранных образцов, выполненный на приборе СТ-1 с приставкой УСИ-10, показал следующее. После кварца (песчаник существенно кварцевый, что показали петрографический и рентгеноструктурный методы) в образцах на втором месте стоит железо, вернее его окислы и гидроокислы, в сумме составляющие не менее 10 %. Кроме этого присутствуют марганец, мышьяк, молибден, кобальт, никель, титан, ванадий – в количествах, выше кларковых.

Руды коры выветривания известны только для мезозойской и кайнозойской эр [7-8]. Для нашей республики сколько-нибудь значительных месторождений, связанных с корами выветривания пока не известно (кроме Керченского месторождения железных руд). Тем не менее, учитывая промышленный прогресс комплексного обогащения разных типов руд, подобные рудопроявления могут иметь не только научный, но и практический интерес. Не исключено, что на отдельных участках, коры выветривания могут иметь более значительную мощность и количество полезных ископаемых. Отложения кайнозоя, в силу не-



больших мощностей (от первых, до десятков и сотен метров), изучены достаточно слабо и именно поэтому выделение горизонтов, или интервалов с повышенными содержаниями полезных ископаемых может дать новые результаты как теоретического, так и прикладного характера.

В заключении необходимо отметить еще один немаловажный факт – в процессе эолового переноса кварцевого песка, его зерна получают заряд электричества, причем в сумме (в песчанике) этот заряд так называемого трибоэлектричества имеет достаточно высокий потенциал. Таким образом, формирующийся элювиальный песчаник приобретает высокий суммарный стационарный заряд, позволяющий влиять на массоперенос. Иными словами, данный заряд может притягивать минералы железа и других элементов из вмещающих пород, обладающих электромагнитным потенциалом. Данный эффект может приводить к естественному обогащению эоловой коры выветривания соответствующими минералами, которые перечислены выше. Но поскольку описанные процессы не изучены в достаточной степени, необходимы дальнейшие исследования в плане определения источников сноса, процессов формирования эоловых кор выветривания, их последующей цементации различными видами цемента и под действием как известных геологических, так и малоизученных электростатических сил.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Горная энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия, 1987. – т.3. – 293 с.
2. Додатко А.Д. Древние коры выветривания и методы их изучения / А.Д. Додатко – Днепропетровск, НГУ, 2004. – 104 с.
3. Геологический словарь. – М.: Наука, 1978. – т.1. – 574 с.
4. Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых / В.И. Смирнов. – М.: Недра, 1965. – 590 с.
5. Баранов В.А. Определение стадий катагенеза и формирование песчаников в диагенезе на примере геологического памятника Каменная Могила / В.А. Баранов // Зб. наук. праць Інституту геологічних наук НАН України. – 2010. - вип.3. – С.35-41.
6. Михайлов Б.М. Фациальные типы рудоносных кор выветривания и их эволюция в истории Земли / Б.М. Михайлов // Кора выветривания и гипергенное рудообразование. – М.: Наука, 1977. – С.22-32.
7. Петров В.П. Древние мощные коры выветривания и их природа / В.П. Петров // Изв. АН СССР. Сер. геол. - 1991. – Вып. 31. – С.96-111.
8. Япаскурт О.В. Генетическая минералогия и стадийный анализ процессов осадочного поро- и рудообразования / О.В. Япаскурт – М.: ЭСЛАН, 2008. – 356 с.

Д-р техн. наук Л.М. Васильев,  
канд. техн. наук В.С. Демченко,  
инж. С.В. Демченко  
(ИГТМ НАН Украины)  
инж. И.Ф. Чугунков  
(ПАО «Краснодонуголь»)

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЯ ПОДАЧИ РЕЗЦА И ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ЩЕЛЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПРИ РЕЗАНИИ ЩЕЛИ В ПОРОДАХ РАЗЛИЧНОЙ КРЕПОСТИ**

Описана конструкція свердловинного шпаринуотворювача, яка дозволяє регулювати тиск робочої рідини і тим самим змінювати зусилля подання різців при нарізуванні шпарин в породах різної фортеці. Запропонована методика визначення зусилля подання і частоти обертання різців залежно від фортеці руйнованих порід покрівлі.

### **THE DETERMINATION OF CUTTER FEED THRUST AND ROTATION FREQUENCY OF GAP MAKER IN CUTTING THE GAP IN THE ROCKS OF VARYING STRENGTH**

The construction of borehole gap maker is described, which allows to adjust the pressure of the working fluid, and thereby change the feed force of cutters when cutting gaps in the rocks of varying strength. The determination method of feed force and cutters rotation frequency is proposed, depending on the strength of destructible rocks of the upper boundary.

В настоящее время на шахтах Донбасса глубина добычи угля возросла до 1000м и более. С увеличением глубины существенно растет число труднообрушающихся кровель, состоящих из прочных песчаников, что значительно усложняет отработку угольных пластов.

В завальной части лавы труднообрушающаяся кровля зависает в виде консоли на больших площадях и существенно увеличивает напряжения в очистном забое, провоцируя внезапные выбросы угля и газа. Обрушение больших площадей кровли сопровождается, как правило, резким повышением нагрузок на призабойную часть лавы, что нередко приводит к разрушению гидропор и других составных частей механизированных крепей.

Существует несколько путей борьбы с труднообрушающимися кровлями. Это, прежде всего, создание механизированных крепей с высоким сопротивлением. Но существует большое количество пластов со слабой почвой или неустойчивыми нижними слоями кровли. В этом случае механизированные крепи не будут развивать необходимых сопротивлений, что может привести к завалам лав. Имеются такие пласты с труднообрушающейся кровлей, в которых на отдельных участках внешние активные нагрузки могут превышать  $250-300\text{T/m}^2$  [1]. Создание механизированных крепей с таким высоким сопротивлением очень сложно, и они будут дорогостоящими.

Другой путь борьбы с труднообрушающейся кровлей заключается в разупрочнении пород кровли. Известно много способов разупрочнения пород [1-4]. В одном случае производится бурение шпуров в кровлю для размещения в них