

Список литературы

1. Інформаційно-аналітичний звіт про розвиток вугільної промисловості України за січень-травень 2014 року (за оперативними даними) / Міністерство енергетики та вугільної промисловості України [Електронний ресурс].– Режим доступу: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=244940827&cat_id=194359.
2. Минэнергоуголь планирует вывести украинские шахты на безубыточную работу за 4-5 лет // Новости Донбасса.– 2014.– 20 июня.
3. ДТЭК за I квартал на растил добычу угля и снизил производство тока [электронный ресурс].– Режим доступа: <http://elcomart.com/show/452455.html>.
4. Основні показники роботи вугільної промисловості України за 2010, 2011, 2012, 2013 роки / ВП «Галузевий інформаційно-розрахунковий центр.» – К., 2011, 2012, 2013, 2014.
5. Програма економічних реформ України на 2010-2014 роки [Електронний ресурс].– Режим доступу: <http://www.president.gov.ua/content/ker-program.html>.

ФАНТАЗИИ НА ТЕМУ «РУДНИК БУДУЩЕГО»

А.М. Гайдин, Отделение горно-химического сырья Академии горных наук Украины, Украина

Выносятся на обсуждение предложения по совершенствованию технологии добычи полезных ископаемых на месторождениях Украины: контактный способ подземной выплавки серы, переработка калийно-магниевых рассолов, открытая разработка каменной соли, химическая добыча золота и полиметаллов, сжигание угля под землёй, скважинная добыча апатита, отработка обводнённых россыпей способом гидромеханизации, переработка отходов, комплексное использование выработанных пространств шахт.

Вступление. Одна из причин мирового экономического кризиса – рост себестоимости полезных ископаемых, обусловленный исчерпанием доступных и богатых их запасов. Преодоление этого кризиса возможно только на пути радикальной модернизации технологии добычи сырья. Между тем до сего времени совершенствуется только горная техника, тогда как в основе технологии лежат всё та же лопата-экскаватор и тачка-самосвал, хотя и управляемые компьютерами.

В годы становления независимой Украины забрезжила надежда, что на место равнодушных к техническому прогрессу руководителей государственных предприятий придёт частный предприниматель - эффективный хозяин, при котором наука действительно превратится в непосредственную производительную силу. Однако этого не случилось. Горная промышленность Украины вступила в кризисное состояние. Всё больше предприятий становятся убыточными и прекращают свою деятельность.

Состояние проблемы. Например, на западе Украины во второй половине прошлого столетия действовали 21 угольная шахта в Львовско-Волыньском угольном бассейне, Роздольский и Яворовский серные комбинаты, калийные рудники в Калуше и Стебнике, соляная шахта в Солотвине. На базе месторождений серы и калийных руд был построен Роздольский завод сложных минеральных удобрений. Угольные шахты снабжали топливом крупнейшие Бурштынскую и Добро-творскую электростанции. Солотвинские шахты не только выдавали высококачественную соль, но и служили для размещения алергологических больниц. Теперь добыча серы, озокерита, калийной и каменной солей прекратилась. Число угольных шахт сократилось до 12, все они убыточные. Между тем существуют возможности коренного улучшения экономических показателей добычи полезных ископаемых на основе новых и хорошо забытых идей.

Цель статьи – обсуждение предложений по совершенствованию технологии добычи полезных ископаемых: самородной серы, калийно-магниевых рассолов, каменной соли, золота и полиметаллов, угля, апатита.

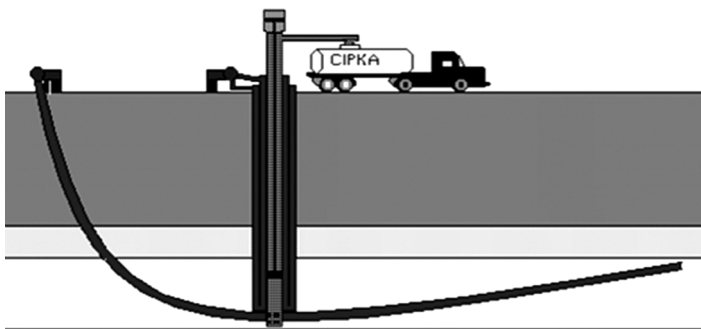


Рис.1. Добыча серы контактной выплавкой

ной серы прекращена. Ныне серные карьеры затоплены, на их месте созданы озёра. Между тем химические предприятия Украины испытывают острую потребность в элементарной сере. Её приходится закупать в России. Нами рассмотрена возможность отработки 16 млн. т остаточных запасов серы на Язовском месторождении.

Предложен способ добычи серы подземной выплавкой, основанный на достижениях в области бурения вертикально-горизонтальных скважин с малым радиусом искривления (рис.1). Способ отличается от известного Фраш-метода тем, что нагрев руды осуществляется путём кондуктивной теплопередачи от горизонтальных скважин, пройденных в основании сернорудного пласта. Теплоноситель циркулирует в замкнутой системе, что исключает загрязнение поверхностных и подземных вод. Откачку жидкой серы производят штанговыми насосами так, как откачивают нефть. Для нагрева теплоносителя часть добытой серы тут же сжигают, одновременно получая, кроме серы, товарные продукты: оксиды серы и сульфатную кислоту. Способ экологически чистый. Затраты тепловой энергии по сравнению с известным способом уменьшаются на два порядка.

Переработка калийно-магниевых рассолов. В восьмидесятых годах прошлого столетия калийные рудники в Предкарпатье ежегодно выдавали до 6 млн. т руды. В Калуше к концу века запасы руды в шахте Ново-Голынь были исчерпаны, начато затопление шахты. Сегодня в шахте накоплено 12 млн. м³ рассола. С 1979 г начали строительство подземного рудника Пийло, но в 1997 г оно прекращено. Пройденные стволы и квершлагги пришли в негодность. В Домбровском калийном карьере оставалось 32 млн. т подготовленных к отработке запасов. Однако с начала 2008 года система осушения остановлена, карьер заливают атмосферные и



Рис.2. Калуш. Затопление карьера калийной руды

подземные воды (рис.2). Уже накопилось более 21 млн. м³ рассола, из них около 6 млн. м³ насыщенного по отношению к калийной руде, с минерализацией порядка 380 кг/м³.

В Стебнике возобновление добычи калийной руды обычным способом возможно только на руднике №1. Однако там нет обогатительной фабрики, а сырая руда не пользуется спросом. В руднике №2, который из-за прорыва воды находится в аварийном состоянии по состоянию на начало 2014 года накоплено 4,5 млн. м³ рассола.

Всего в затопленных калийных шахтах, в Домбровском карьере и в хвостохранилищах накоплено до 30 млн. м³ калий- и магний-содержащих рассолов с минерализацией до 400 кг/м³ [2]. В каждом кубометре рассола содержится 30 кг калия, 20 кг магния, 70 кг сульфат-иона, 280 кг натрия хлорида.

Добыча солей из рассолов известна с библейских времён. Из природных рассолов получают десятки видов продукции. Например, из рассола озера Сьорлз в США получают соду, сульфат натрия, хлорид и сульфат калия, бром, буру, карбонат и фосфат лития. В статье [3] описаны при-

меры успешного освоения способа подземного выщелачивания сильвинитовых залежей в Канаде.

Сельскому хозяйству Украины необходимо не менее 1 млн. K_2O в год. Особенностью калийных руд и рассолов Предкарпатских месторождений является их сложный полиминеральный состав. Специалистами разработаны и опробованы в лабораторных условиях множество способов переработки таких рассолов с получением ценной химической продукции [4]. Так, простое вымораживание рассола позволяет получить сульфат натрия – мирабилит. При частичном испарении из рассола выпадает каменная соль. При обработке рассола оксидом серы получаем газ - хлорводород, сульфат натрия и бесхлорный калийно-магниевый сульфатный раствор. Смешав последний с фосфорной мукой, получаем ценное удобрение. Хлорводород может перерабатываться на хлор и водород или на соляную кислоту. Электролиз очищенного от сульфатов рассола позволяет получить едкие калий и натрий и хлор. Разработаны эскизные проекты опытно-промышленной установки переработки рассолов.

Открытая добыча соли в Солотвине. Две соляные шахты в Солотвине погибли в результате выхода из строя системы водоотведения и развития соляного карста. Прекращение добычи соли на западе Украины привело к монополизации соляной промышленности. В результате продажная цена соли за последние годы увеличилась в 8 раз.

Солотвинский купол каменной соли в Закарпатье выходит почти на поверхность. Ещё в 12-м веке соль тут добывали открытым способом, просто из ям. Над солью залегают 30-метровая толща галечника, который после промывки может использоваться в строительстве.

Предложено возобновить добычу соли открытым способом [5]. Карьер может иметь площадь до 100 га, при глубине 50 м выемочные запасы составят 100 млн. т. Соль такая крепкая, что соляные борта карьера высотой в

десятки метров могут стоять вертикально (рис.3). Осушение карьера предлагается осуществлять следующим образом. Пресная вода перехватывается нагорными канавами на берме глинистого слоя и сбрасывается в гидросеть. Осадки, выпадающие непосредственно на обнаженную соль, превращаются в рассол. Последний направляется в затопленные шахты для отстаивания. Одновременно из шахт откачиваем чистый рассол на установку выварочной соли и на бальнеологические нужды. Соляные борта карьера защищаются от осадков синтетической плёнкой. Вскрышные породы, представленные галечником, пойдут на закладку шахт и на строительство, а глинами будем изолировать выходы соли в отработанном пространстве.

Целесообразно добывать соль в виде крупных соляных блоков, как это делают в мраморных и известняковых карьерах. Они удобны для транспортирования и пользуются большим спросом для строительства соляных дворцов [6]. Можно также использовать машины типа «Виртген», осуществляющими слоевую выемку с одновременным дроблением соли и погрузкой её на автотранспорт.

Опыт открытой разработки соляных залежей известен. Экономичность и эффективность применения открытого способа разработки очевидна. В Калуше в условиях гумидного климата более 30 лет успешно работал Домбровский калийный карьер, из которого добыто 33 млн. т руды. Себестоимость руды была на порядок ниже по сравнению с подземной разработкой.

Химическая добыча золота и полиметаллов. В восьмидесятых годах прошлого века в Закарпатье разведаны месторождения золота и полиметаллов. В 1990 г за-

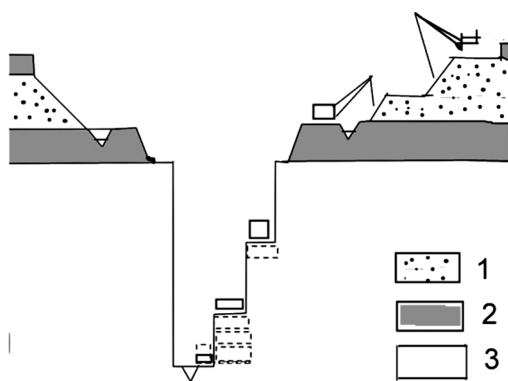


Рис.4. Мужиево. Брошенная шахта и добытая руда

вершена детальная разведка Мужиевского золото-полиметаллического месторождения в Береговском районе. Эксплуатация месторождения началась в 1999 г, добыто 306 тыс. т руды. С ноября 2006 г Мужиевский комбинат прекратил свою деятельность (рис.4). На месторождении Сауляк в Раховском районе добыли 4400 тонн руды, содержащей от 5 до 12,8 г/т золота. Работы также прекращены из-за низкой рентабельности, которая обусловлена устаревшей технологией добычи и обогащения руды.

Между тем в России и других странах для добычи золота, урана и меди издавна применяют технологию извлечения полезных ископаемых из руды на месте её залегания путём растворения химическими реагентами [7]. Разработаны и освоены в промышленных масштабах схемы подачи и сбора растворов, которые исключают их неуправляемое распространение в недрах и загрязнение природной среды. В первую очередь следовало бы переработать таким образом хвосты обогащения руды Мужиевского месторождения, содержащие около 2 г золота в тонне отходов.

Сжигание угля под землёй. В Червоноградском угольном районе в прошлом столетии действовали 12 шахт, которые выдавали до 10 млн. т в год угля. В последние годы добыча сократилась до 2-3 млн. т в год. В Волинской области до 1996 года действовали 9 шахт. Сейчас осталось четыре. Добыча угля сопровождается подтоплением земель, загрязнением поверхностных и подземных вод. С учётом экологического ущерба и низкой рентабельности перспектива продолжения добычи угля остаётся неясной.

Чтобы сделать рентабельной добычу угля, необходимо прекратить выдавать его на-гора и возить за сотни километров до электростанций. Идея подземной газификации угля, предложенная Д.И. Менделеевым, была реализована в СССР ещё в предвоенные годы. Но станции подземной газификации не выдержали конкуренции с природным газом. К тому же управление очагом горения непосредственно в пласте оказалось очень трудным [8].

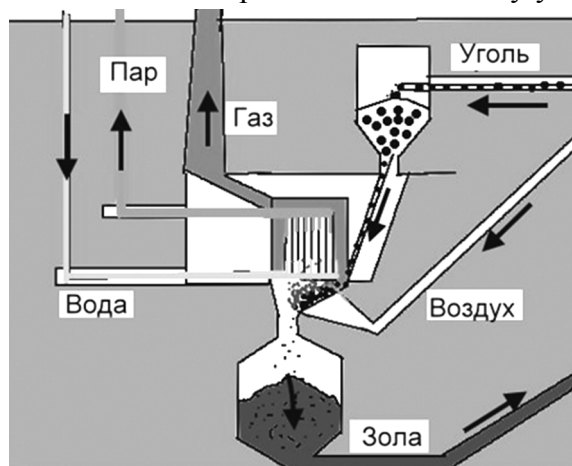


Рис.5. Подземный паровой котёл

На современном этапе развития техники и автоматизации самым простым и надёжным было бы строительство комплексов шахта-электростанция. При этом котёл для сжигания угля размещаем под землёй, в специальной выработке за пределами угольного пласта (рис.5). Пар и газ выходят на поверхность и крутят турбину генератора. За счёт разности плотностей воды и пара, воздуха и газа достигается экономия энергии на подачу воды и воздуха.

Скважинная добыча апатита. Новополтавское месторождение в Запорожской области - единственное на Украине месторождение апатитовых руд. Верхняя часть Новополтавской апатитовой залежи в геологическом прошлом подверглась действию агрессивных подземных вод. В результате скальная руда превратилась в глиноподобную водонасыщенную кашу, содержащую более 10 процентов апатитового песка. В этой коре выветривания сосредоточено 5 млн. т пятиоксида фосфора. Однако взять эти запасы обычными способами трудно. Они залегают на глубине около 100 м под слоеным пирогом из обводнённых неустойчивых пород.

Подземные выработки в таких рудах и породах пройти невозможно, они тут же завалятся, никакая крепь не устоит. Если же выкопать карьер, то ширина его по верху достигнет 800 м, он займет около 1000 га пахотных земель. Осушение карьера привело бы к потере и без того скудных запасов пресных подземных вод.

Еще в семидесятых годах при утверждении запасов была высказана необходимость проведения опытных работ по добыче новополтавской рыхлой апатитовой руды через скважины. Для этого нужно размывать руду струей воды и откачивать на поверхность в виде гидросмеси. Возможность скважинной добычи подтверждена многочисленными опытами на других месторождениях: Кингисеппском месторождении фосфорита, Шамраевском месторождении железных руд и др. Однако, для применения известного способа скважинной гидродобычи требовалось, чтобы над рудой

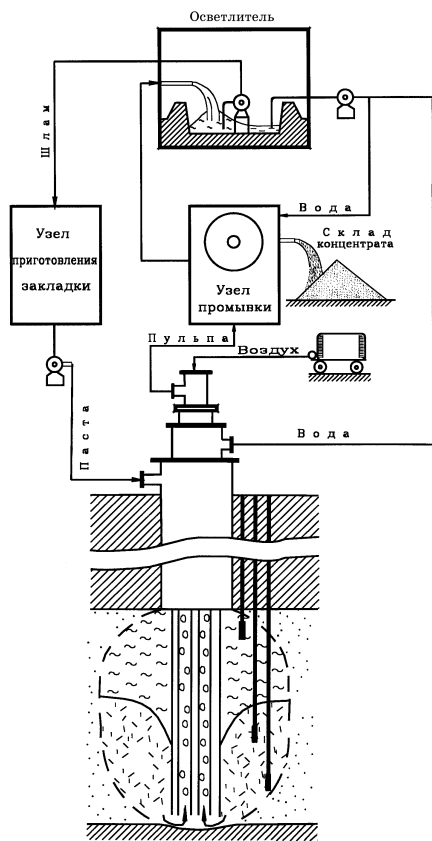


Рис.6. Принципиальная схема скважинной добычи рыхлой руды

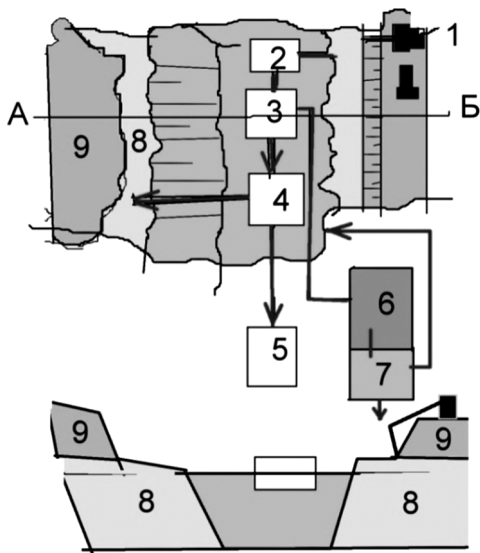


Рис.7. Принципиальная схема обработки обводнённых россыпей. Вверху план, внизу разрез

залегали прочные породы, иначе над выработанным пространством провалится земная поверхность. На Новополтавском месторождении прочных пород над рудами нет.

Для отработки коры выветривания Новополтавского месторождения предложен [9] скважинный способ добычи, основанный на саморазрушении руды под действием гравитационных сил и замещении ее закладочным материалом (рис.6). Разрыхленная руда вытесняется закладочным материалом в низ рудной залежи.

Чтобы поднять разрушенную руду на поверхность, ее смешивают с водой и с воздухом, и тогда гидросмесь изливается из скважин.

Применение способа скважинной добычи с одновременной закладкой выработанного пространства потребует гораздо меньших капитальных затрат, чем строительство шахты или карьера. С экологической точки зрения скважинный апатитовый рудник практически безобиден. Большая часть отходов обогащения пойдет на приготовление закладочной смеси, которую закачают обратно в недра. На обогатительной фабрике создается система оборотного водоснабжения, никаких стоков загрязненной воды не будет. Замена рыхлой руды твердеющим закладочным материалом улучшит условия добычи в будущем коренных руд шахтным способом, позволит уменьшить потери руды в целике безопасности.

Рациональная технология обработки обводнённых титановых россыпей. До сих пор в Украине открытым способом разрабатывают рассыпные месторождения титана, расположенные выше уровня грунтовых вод.

Вскрытие залежи осуществляют комбинированным способом с использованием шагающих экскаваторов и роторных комплексов. Отработка рудной залежи включает погрузку руды на автотранспорт, доставку её к узлу «распульковки», размыв гидромонитором, гидротранспорт на обогатительную фабрику. В настоящее время запасы руды выше уровня грунтовых вод близки к исчерпанию. Ставится задача освоения обводнённых запасов.

Инженерно-геологические условия проведения горных работ усложняются плавунными свойствами рудного пласта. Такой песок в самосвалах превращается в текучую массу. При вскрытии плавун они текут как вязкая жидкость. Вибрация от механизмов приводит к разжижению грунта и его быстрому растеканию.

В предварительном проекте принята схема, применяемая на действующих сухих карьерах. Однако осуществление традиционной технологии в условиях обводнённого рудного пласта, обладающего плавунными свойствами, связано с потерей устойчивости бортов карьера. Предвидя эти и другие трудности, А. М. Лазников, Б. Е. Собко и автор [10] предложили использование на добычных работах технологической схемы с применением земснарядов. Предлагается кроме отработки рудных песков

использование на добычных работах технологической схемы с применением земснарядов. Предлагается кроме отработки рудных песков

земснарядом, в этом же затопленном водой котловане разместить на понтонах оборудование для осуществления двух стадий обогащения руды: обесшламливания и гравитации.

Схема отработки показана на рисунке 7. Экскаватор 1, который находится на уступе из сарматских песков, нижним черпанием зачищает поверхность рудного песка. Земснаряд 2 засасывает пульпу рудных песков и подаёт её на плавучий узел обесшламливания 3. Отмытый рудный песок направляется на плавучий узел гравитационного обогащения 4. Глинистые хвосты перекачивают в отстойник 6. Осветлённая вода из пруда 7 в засушливые периоды может направляться на подпитку системы оборотного водоснабжения или сбрасываться в балку. Из установки гравитационного обогащения коллективный концентрат перекачивают на фабрику 5 для передела на товарные продукты. Из песчаных хвостов 8 намывают пляж, на поверхность которого укладывают сарматские пески 9, а на них глинистые породы вскрыши. Это обеспечивает дренирование основания внутренних отвалов глинистой вскрыши. Вода с пляжа стекает обратно в карьер.

Преимущества предлагаемой технологии: 1) отпадает необходимость осушения карьера путём сооружения водопонижительных скважин или иным образом, 2) отпадает необходимость экскавации рудного песка, строительства внутрикарьерной дороги, транспортирования руды до узла распульповки с последующим размывом и перекачкой на обогатительную фабрику, 3) радикально уменьшаются затраты электроэнергии на перекачку рудной пульпы от участка распульповки до обогатительной фабрики. 4) уменьшается площадь изымаемых земель, так как песчаные хвосты складываются в выработанном пространстве.

Переработка промышленных отходов, хвостов обогащения и вскрышных пород. На территориях закрытых горно-химических предприятий хранятся около 100 млн. т послефлотационного известняка – отходов обогащения серных руд, 40 млн. т солей – отходов обогащения калийной руды, 4 млн. т фосфогипса, 10 тыс. т загрязнённой элементарной серы. Хвосты обогащения серных руд годятся для раскисления почв, для производства цемента. Соляные отходы пригодны в качестве антиобледенителя дорог, для производства сульфата натрия и других химических продуктов. Нерастворимые примеси соляных отходов можно и нужно использовать для закладки выработанных пространств шахт. Фосфогипс – сырьё для строительных изделий и цементной промышленности. Загрязнённая сера после очистки может использоваться в серноокислотном производстве.

Переработка промышленных отходов создаёт перспективу уменьшения безработицы населения городов, выросших вокруг закрытых горно-химических предприятий.

Эффективное использование выработанных пространств. В Германии закрытые и действующие соляные шахты широко используют для депонирования различных отходов. Их упаковывают в мешки, опускают в шахту и складывают в горнах выработках. Затем устанавливают перемычки и заливают оставшееся свободное пространство выработки глиноцементным раствором. У нас на



Рис.8. Толпы туристов у шахты Величка в Польше

руднике №1 в Стебнике объём выработанного пространства превышает 13 млн. м³. Использование выработок для депонирования отходов позволило бы не только получить дополнительные доходы, но и обезопасить подработанные шахтой жилые массивы.

Выработки в соляных шахтах используют для целей рекреации, туризма, устройства научных лабораторий, для обучения студентов, в качестве лечебниц, для хранения архивов и других культурно-исторических ценностей [11]. Ярким примером могут служить шахты Ве-

личка и Бохня в Польше (рис.8).

Выводы. Таким образом, в Украине имеются возможности радикального совершенствования технологии добычи полезных ископаемых: выплавки самородной серы, переработки калийно-магниевых рассолов, открытой добычи каменной соли, выщелачивания золота и полиметаллов, подземного сжигания угля, гидродобычи обводнённых россыпей титана, скважинной гидродобычи апатита. Преимущества предлагаемых путей модернизации горной промышленности очевидны. Однако для их воплощения в жизнь необходимо проведение опытно-промышленных работ при поддержке государства.

Список литературы

1. Гайдин А.М. Сірка. – Львів: Каменяр, 2000. 70 с.
2. Гайдін А.М., Дяків В.О., Зозуля І.І. Розсоли в затоплених калійних рудниках Передкарпаття. //Хімічна промисловість України. 2012. №3. С.32-39.
3. Войтенко В.С., Шемет С.Ф., Гречко А.М., Шутин С.Г. Поиск эффективных технологий разработки маломощных калийных пластов способом подземного растворения. //Горный журнал. 2014. №2. С.33-34.
4. Позин М.Е. Технология минеральных солей. - Л-д: Химия, 1970. 560 с.
5. Гайдин А.М. Технические решения на тему «Рудник будущего». //Рудник будущего. 2013.№1. С.32-36.
6. Файнбург Г.З. Нетрадиционное использование калийно-магниевых солей Верхнекамского месторождения в гуманитарных целях. //Рудник будущего. 2011. №1(5). С. 52-56.
7. Аренс В.Ж., Гайдин А.М. Геолого-гидрогеологические основы геотехнологических методов добычи полезных ископаемых. - М.: Недра, 1976. 286 с.
8. Айруни А.Т., Дмитрюк Н.Ф., Куликов И.О. Подземная газификация угольных пластов.//Итоги науки и техники. Сер. Разработка месторождений твёрдых полезных ископаемых. Том 49. Специальные способы добычи. – М.: ВИНТИ, 1990. 115 с.
9. Гайдин А.М. Исследование оптимальных технологий скважинной добычи руд в различных горно-геологических условиях. //Горный журнал, 2009. №2. С.28-30.
10. Гайдин А.М., Лазников А.М., Собко Б.Е. Рациональная технология разработки обводнённых россыпей. /Сб. научных трудов Академии горных наук Украины. – Кривой Рог: Дионис. 2012. С.130-137.
11. Piotr Langer. Wyrobiska solne jako przestrzen urbanistyczna. //Geology, Geophysics @Enwiroment. 2012. Vol. 38. No 2. P. 239-250.