

# **ЧТО ТАКОЕ ГОРНОЕ ДЕЛО: ОТ ДРЕВНОСТИ ДО СОВРЕМЕННОСТИ**

**Аркадий Давидкович**

Цель настоящей статьи – показать, по каким побуждающим причинам, в каких направлениях и по каким принципам развивалось и развивается горное дело (ГД); этапы его развития, горные традиции, особенности горного образования и горной науки; охарактеризовать современные горные предприятия, принципы технологии и управления ими; дать сравнительный анализ современного состояния добычи полезных ископаемых (ПИ) в мире.

Итак, горное дело (Mining Engineering). Почему эта область деятельности человека называется делом? Может быть, потому, что это было первое дело, которым занялся человек, когда обратил свой взор себе под ноги и увидел, что земля может дать ему то, с чем легче будет охотиться, разделявать пойманную добычу и защищаться от врагов?

Горное дело – это древнейшая область деятельности человека по освоению недр Земли. Оно включает в себя все виды техногенного воздействия на земную кору, главным образом, извлечение ПИ и их первичную переработку.

## **Историческая справка о развитии горного дела**

Горное дело зародилось с возникновением человеческого общества, его развитие вызывалось естественной необходимостью развития человечества. В жизни общества известны периоды каменного, медного, бронзового и железного веков; соответственно, совершенствовались орудия труда человека.

Ранние периоды ГД протекали в разных регионах в различное время. Наиболее достоверные и ранние по времени археологические данные о культуре каменного века обнаружены в Африке, медного и бронзового веков – в странах Средиземноморья, периода железных рудий – в странах античного мира.

Целенаправленной разработке недр предшествовала первая эпоха горного дела – собирательство каменных орудий. Это время раннего палеолита – до 35 тыс. лет до н.э. С поверхности Земли отбирались обломки камней и гальки, пригодные без обработки как орудия резки и рубки. Собираемые камни в период палеолита привели к заметному истощению поверхностных залежей кремния, но при этом выработались навыки в технике обработки камня, которые распространились в Африке, Азии и Европе. Затем с помощью рогов животных начали выкапывать кремний с поверхности, а в последующем – копать ямы и даже переходить к уступной разработке кремния – прообразу карьера.

Древнейшее горное дело формируется как система приемов (способов) для выемки залежей кремния, обнажающихся на крутых берегах рек, в оврагах и балках. Добыча велась путем проведения горизонтальных выработок. Для выемки конкреций (мест концентраций) кремния, залегающих в известняках на глубине, проводились вертикальные выработки – стволы шахтного типа, глубиной до 18 м., из которых проходились горизонтальные выработки для отработки возможно большей площади залежи. Появляются деревянные распорки для крепления, оставляются целики (неизвлекаемые участки залежи) для поддержания кровли. Так развивающиеся способы добычи формируют прообраз подземного рудника.

Установлено, что в этот период, наряду с кремнием, человек использовал около 20 минералов и горных пород (яшма, обсидан, роговик, сланец, кварцит и др.), а также минеральные краски (охры).

Первое использование медных минералов в качестве украшений (малахита) зафиксировано еще в 8-м тыс. до н.э. Однако начало распространения медных орудий на территории Средиземноморья датируется лишь 5 тыс. до н.э.

Совершенствуются процессы плавки иковки медных и бронзовых орудий, которые вытесняют каменные. Появляются бронзовые кирки, долота, клинья и кайла. Но высокая крепость рудных тел значительно затрудняла их выемку с помощью этих простых орудий.

Первоначально искусственное ослабление прочности массивов осуществлялось с помощью нагрева. Для этого перед фронтом забоя раскладывали костер, нагретые породы обливали водой, а в образовавшиеся трещины каменными кувалдами забивали деревянные клинья. Затем клинья смачивали, и при разбухании они отрывали части от массива.

Размеры карьеров достигали весьма значительных величин, так, древний медный карьер в центральном Казахстане имел длину до 500м, ширину до 100м, глубину до 18м. Медный карьер на Синайском полуострове имел, соответственно, размеры 100, 10 и 9м.

Совершенствуется и подземная добыча. Для предохранения выработок от обрушения, наряду с оставлением целиков, сооружаются подпорки из глыб камня, а потолочине горных выработок для устойчивости придается сводчатая или арочная форма. Решаются вопросы вентиляции путем проходки специальных вертикальных выработок на разных уровнях. Подземные воды собирали в ямах-водосборниках и вычерпывали кожаными или берестяными ведрами. Освещали выработки с помощью лучин, а позднее – масляных ламп. Для спуска и подъема применяли бревна с зарубками или сучьями. Руду поднимали на поверхность в кожаных сумках или плетеных корзинах.

Совершенствованию ГД способствовало то, что с 5-4 тыс. до н.э. среди общин начали выделяться группы горняков-профессионалов, передававших опыт из поколения в поколение. Целые кланы и даже племена специализировались в горном деле.

Складываются навыки и приемы в подготовке руд к плавке, возникает новая область ГД – обогащение ПИ. Минералы разделяют в водной среде с использованием различий в их плотности. Измельченные минералы ссыпали в деревянные корыта и промывали. На дне оставались более тяжелые куски руды, а более легкие частицы породы выносились водой. Вода иногда подавалась даже из удаленных источников, например, в древних Миттербергских коях – из горного озера, находившегося на расстоянии 200м.

Первые письменные сведения о добыче и обработке железных руд в Анатолии относятся к середине 3 тыс. до н.э. Но железные орудия начали вытеснять бронзовые на большей части Евразии лишь с 9 в. до н.э., с началом разработки залежей железных руд.

Железные молот и кайло становятся основными орудиями горного производства. Это позволило увеличить темпы проведения горных выработок, масштабы добычи ПИ.

Зарождение естествознания создало основу для коренного совершенствования средств и способов горных работ. Развиваются методы горно-геометрических измерений – в настоящее время эта область горной деятельности называется маркшейдерией. В этой связи показательным является сооружение водопроводного тоннеля длиной около 1 км в скале на о. Самос (6 в. до н.э.). Работы были начаты одновременно с двух сторон скалы, и обе партии проходчиков встретились в скале в заданном месте.

Совершенствуются работы по добыче золота с использованием водных потоков. Так, в Испании на предварительно расстеленные бараньи шкуры обрушивались, путем искусных подкопов, большие объемы горных пород, на которые потом отводились водные потоки от рек. После окончания промывки шкур их высушивали и сжигали. То, что оставалось после сжигания, промывали в корытах. Вода уносила золу, а со дна собирали золотые крупы.

Таким образом, в 1-м тысячелетии до н.э. отмечается резкий подъем горного дела.

В период распада рабовладельческого строя на территории Европы, в первых веках н.э., с крушением могущественной Римской империи в течение нескольких веков ГД переживает глубокий кризис. Его новый подъем связан с формированием и расцветом феодализма и выделением свободных ремесленников-горняков.

Объемы горного производства расширяются, возобновляются римские разработки в Альпах, Трансильвании, Северных Балканах, в Богемии, северных районах Европы.

С 11 в. в странах Европы стали формироваться крупные города – центры деятельности горняков в Чехии, Саксонии, Австрии и Франции. Жители этих городов добывали руду, плавил золото и серебро, чеканили монеты, добывали соль.

Формируется цеховая организация рудокопов, которые создают товарищества по эксплуатации месторождений. Правила ведения горных работ закрепляются специальным законодательством – Горным правом; так, известны Горные правила, составленные в 1249г. в чешском г. Йиглавы.

Дальнейшее развитие ГД связано с научно-техническим прогрессом и созданием первых горных машин в 16-17 вв. Особо следует отметить начало применения взрывной отбойки, что произвело переворот в горной технологии. Первое известное применение взрывной отбойки было произведено на руднике «Банска - Штявница» в Чехии (1627г.).

Создается прототип шахтной подъемной машины с использованием цилиндра для навивки каната, водоотливных машин, примитивных вентиляторов, рудничных вагонеток, маркшейдерских инструментов. Наряду с конной тягой применяется простейший гидравлический привод – водяное колесо. Изобретение универсального парового двигателя позволило интенсифицировать наиболее трудоемкие процессы на шахтах.

Подземная разработка месторождений имела в этот период преимущественное распространение в связи с отсутствием техники для крупномасштабных земляных работ на карьерах.

Качественно новый период в развитии ГД наступает с выпуском высокопроизводительных горных машин в конце 18 - начале 19 вв. Огромный спрос на минеральное сырье приводит к созданию в 70-е гг. 19 в. заводов горного машиностроения (Великобритания) и превращает ГД в крупнейшую отрасль хозяйствования.

На смену парокотельным агрегатам приходят электрические двигатели, использование которых на шахтах началось в Великобритании в 1880 г. Это сыграло решающую роль в техническом перевооружении горного производства – горное оборудование и транспорт переводятся на электропривод.

Первостепенное значение для развития горной технологии имела замена порохов мощными взрывчатыми веществами – имеется в виду изобретение динамита в 1867г. (А.Нобель). Развитие буровзрывных методов и создание экскаваторно-бульдозерной техники привело к возрастанию открытых горных работ.

Современный этап развития ГД связан с созданием и использованием:

- на шахтах – мощной буро-взрывной техники, горных комбайнов, самоходных машин, проходческих и выемочных комплексов;
- на карьерах – станков шарошечного и огневого бурения, мощных экскаваторов, бульдозеров и электровозов, думпкаров и самосвалов большой грузоподъемности.

Управление горным производством в настоящее время производится на основе современных компьютерных и спутниковых навигационных систем.

Таков общий исторический путь развития ГД в мире. Представляет интерес рассмотрение основных этапов развития ГД в двух крупнейших горнодобывающих регионах мира – России и США.

### **Основные вехи развития горного дела в России**

Археологами установлено, что на территории Российской империи наиболее раннее использование камня относится к древнему палеолиту – примерно 100 тыс.лет назад.

В 5-2 тыс. до н.э. на территории России большое распространение получает медь, которую добывали в Балкано-Карпатских рудных районах, и начинается выплавка

бронзы на Кавказе, Урале и в Донбассе. Примерно в это же время начинает развиваться собственное ГД в районах, где концентрировались запасы ПИ.

Исключительное значение на Руси имел соляной промысел. Сохранились документальные данные о добыче соли в Старой Руссе от 1363г.

В 1700 г. по указу Петра I был создан Приказ рудокопных дел, преобразованный в 1719 г. в Берг-коллегию, которой подчинялись государственные горные предприятия и группа «рудных доносителей» – разведчиков недр. После этого в 17-18 вв. в Российской империи было открыто много промышленных месторождений на Урале, в Сибири, на Алтае, на территории Украины. К концу 18 в. Россия занимала уже видное место в мире по добыче ПИ. В этот период в России насчитывалось 200 горных заводов и выплавлялось 160 т чугуна в год.

К середине 19 в. Россия давала 40 % добычи золота в мире (Восточная Сибирь, Урал), покрывала 90 % мировой потребности в платине (Урал). В 1901 г. Россия занимала 1-е место в мире по добыче марганцевых руд (Чиатурский бассейн). К концу 19 в. возникают крупные предприятия по добыче железной руды в Криворожском бассейне (Украина). После 1880 г. железорудный центр перебазировался с Урала в Кривбасс, где в 1900 г. было получено свыше 57 % общероссийской добычи. Этот бассейн до сих пор является одним из крупнейших мировых центров железорудной промышленности.

В горно-промышленном регионе Российской империи перед Первой мировой войной было занято около 700 тыс. рабочих, из которых 34 % – на Украине, 30 % – на Урале, 12 % – в Сибири. Остальные 24 % – в Подмосковье, на Кавказе и других регионах. В эксплуатацию вовлекались, как правило, месторождения неглубокого залегания с богатым содержанием полезных компонентов.

В настоящее время в России сосредоточено около 50 % мировых запасов минеральных ресурсов, добывается 48 минералов (больше всех в мире), она занимает общее 3-е место в мире по объему добычи минералов (5,7 %). Впереди – США (15,8 %) и Китай (15,4 %).

### **Основные вехи развития горного дела в Америке**

Своеобразно развивалось горное дело в Америке. В Северной Америке освоение минеральных ресурсов началось в глубокой древности. Об этом свидетельствуют, в частности, археологические раскопки на о. Санта-Роза в Калифорнии (38 тыс. лет назад).

Древние племена, населявшие Северную Америку, были хорошо знакомы с собирательством горных пород. Обработка кремния в Северной Америке продолжалась вплоть до 19 века и достигла виртуозной техники. Уже в 3-2 тыс. до н.э. древние индейцы использовали и самородную медь для изготовления орудий труда, оружия и украшений, причем медь не плавил, а ковали. Однако горное дело у древних индейцев находилось в зачаточном состоянии и начало развиваться только с приходом европейцев-колонизаторов в 16-17 вв. Эксплуатация же месторождений в промышленных масштабах в Северной Америке началась всего 150-200 лет назад.

Первоначально испанские и английские колонизаторы занялись поиском руд драгоценных металлов, которые не увенчались успехом, но привели к открытию месторождений других ПИ. Так, в 1585 г. адмирал У.Рейли послал в Северную Каролину экспедицию на поиски золота, которая обнаружила там залежи железной руды. При поисках золота в Иллинойсе и Миссури были обнаружены свинец и самородная медь. В 1632 г. в Массачусетсе нашли первую жилу медной руды, а в 1660 г. разведали меднорудное месторождение в Мичигане.

Первые плавки железных руд англичане начали в Вирджинии (1622 г.), Массачусетсе (1645 г.), Коннектикуте (1651 г.), позднее – в Нью-Джерси. Первоначально железо выплавлялось на древесном угле. На востоке Америки вырубались и сжигались

леса. В середине 18 в. перешли на каменный уголь, который начали добывать восточнее долины р. Миссисипи.

Для Северной Америки 19в. характерными стали «золотые лихорадки»: в Калифорнии (1849), в Британской Колумбии (Канада) (1858), на Аляске (1880-1902 гг.).

Во второй половине 19 в. на территории США продолжалось открытие новых месторождений. Были освоены крупнейшие залежи медных, золотых, серебряных, железных руд. Это вывело США в число крупнейших горнодобывающих стран мира.

Еще в 1890 г. США по объему горного производства вышли на первое место в мире. Накануне первой мировой войны в США добывалось 700 млн. т ПИ в год. В стране добывалось свыше 100 видов ПИ. После 1900г. США вышли на 1 место в мире и по добыче нефти.

После Второй мировой войны, в 1946 г., в США был принят «Закон о создании запасов стратегических и дефицитных материалов», и с начала 50-х годов США начали ориентироваться на активное использование зарубежной ресурсной базы.

В начале 80-х гг. администрация Р.Рейгана объявила «эру борьбы» за ресурсы вне пределов США. В этот период добыча в США многих видов сырья, таких, как медь, железная руда, титан, калийные соли, сера, а также нефть и природный газ снизилась на 30-40 %. Однако и сегодня в США добывается 41 минерал.

США занимают общее 1-е место в мире по объему добычи минеральных продуктов (15,8 %).

### **Горные традиции, горное образование и горная наука**

Первое крупное дошедшее до наших дней описание и систематизация минералов и полезных ископаемых под названием «Естественная история ископаемых тел» было составлено Плинием в 1 в. Но только в середине 16 в. развитие техники и технологии горных работ привело к созданию так называемых «Горных книг». Это были сборники законодательных актов по регламентации горных работ, которые включали красочные иллюстрации, отображавшие правильные методы и способы ведения горных работ. Подтверждением этого являются известные иллюстрации к «Швацкой горной книге», выпущенной в 1556 г.

Развитие горного дела привело и к необходимости подготовки квалифицированных профессиональных кадров, в связи с чем в Саксонии, Чехии и других странах Европы появляются первые горные школы и училища.

Основателем горной науки, основоположником минералогии и геологии справедливо считают выдающегося ученого и практического деятеля 16 века Г. Агриколу. Его капитальный труд «Двенадцать книг о горном деле и металлургии» считают первой энциклопедией горного дела. Этот трактат служил учебным пособием по горному делу в течение двух веков.

Георг Бауэр, подписывавшийся пышным латинским именем Агрикола, Георг Кемпниц Германдурский остался в истории как Агрикола (1494-1555). Он родился в Саксонии и получил блестящее образование в Лейпцигском университете, затем в университетах Болоньи и Падуи в Италии. Он был удостоен ученых степеней доктора медицины и доктора философии.

Вопросами минералогии и геологии Агрикола сначала заинтересовался как медик. Он пытался восстановить искусство врачевания при помощи минеральных соединений, которыми так хорошо владели врачи древности, и приобрел всемирную славу как минералог. В дальнейшем Агрикола полностью посвятил себя горному делу, изучал процессы происхождения рудных тел, методы поисков рудных жил, способов добычи ПИ.

Важное значение развитию ГД придавал М.В.Ломоносов, называвший Агриколу человеком «в горном деле преискусным». Сам Ломоносов написал в 1742 г. учебник по горнозаводскому делу «Первые основы металлургии и рудокопных дел».

К концу 18 в., когда Россия занимала уже видное место в мире по добыче ПИ., потребовались специалисты высокой квалификации, и более 230 лет тому назад (1773г.) указом императрицы Екатерины II было учреждено Горное училище – первое высшее техническое учебное заведение в России. Затем оно было преобразовано в Горный кадетский корпус и выпускало горных офицеров, сейчас это С.-Пб. государственный горный институт. В дальнейшем в России были созданы Екатеринбургский, Московский и другие горные институты. В странах Европы и в Америке горных инженеров готовят горные академии и кафедры университетов.

Горный инженер был высокообразованным специалистом широкого профиля. Кроме разведки месторождения, знания техники и технологии горного дела, он должен был уметь спроектировать и построить горное предприятие и инфраструктуру, подвести дороги. Кроме того, до начала 20 в. горное дело включало металлургический передел, различное литье, оружейное и монетное производство.

Горные традиции начали формироваться в 11 в. в Чехии, Саксонии и Австрии одновременно с формированием центров деятельности горняков в городах и организацией товариществ по эксплуатации месторождений. Они получают свое выражение в профессиональных праздниках, в парадной одежде, знаках отличия. Эти атрибуты существуют и в настоящее время в большинстве горнодобывающих стран мира и являются предметом гордости людей этой нелегкой и опасной профессии.

В России студенты и горные инженеры тоже носили специальную форму и знаки отличия. Горным инженерам присваивались горные звания. Существовали даже звания – горный генерал-директор I, II, III ранга. Горные формы и звания были отменены в Советском Союзе в 1954 году.

Горняки всего мира поддерживают взаимные связи. Существует и регулярно собирается Всемирная гильдия горных инженеров, регулярно проводятся Международные симпозиумы по различным направлениям технологии, техники и управления горным производством.

### **Современные горные предприятия**

Современные горные предприятия – это, по принятой терминологии, большие системы или, точнее, большие технологические системы, обеспечивающие добычу полезных ископаемых открытым или подземным способом, обогащение руд и получение концентратов или агломератов с высоким содержанием полезных компонентов. Продукция горных предприятий предназначена для дальнейшего металлургического передела.

В качестве примера можно рассмотреть крупное месторождение медно-молибденовых руд Эрденетийн-Овоо, разрабатываемое совместным Монголо-Российским предприятием «Эрдэнэт». Месторождение представляет собой линзообразный штокверк длиной около 600 м, мощностью 150-300 м. На этом уникальном месторождении содержится свыше 600 млн. т руды со средним содержанием меди около 0,8 %. Размеры карьера в настоящее время – 2,5 на 1,5 км, применяется буро-взрывной способ отбойки, доставка автосамосвалами грузоподъемностью 80-120 т, погрузка экскаваторами с ковшем емкостью 12-20 м<sup>3</sup>, в работе одновременно находятся 5-7 добычных забоев.

Проблема управления горными работами заключается в необходимости преодоления противоречий между неоднородностью месторождения, с одной стороны, и требованием поставки на обогатительную фабрику стабильного сырья заданного качества – с другой.

Система управления базируется на использовании компьютерных технологий и спутниковых систем. В основе системы управления лежит компьютерная (цифровая) модель месторождения, интегрирующая все данные геологической разведки с учетом их пространственного расположения, а также цифровая модель карьера, объемно представляющая карьер по данным маркшейдерской съемки и спутниковой системы GPS (*Global Positioning System*). Причем эти модели непрерывно корректируются в соответствии с динамикой изменения реальной ситуации в карьере.

Оперативное управление горными работами в карьере базируется на применении автоматизированных систем. Одной из лучших в мире является система компании Wenco (Канада), схема которой приведена на рис.1.

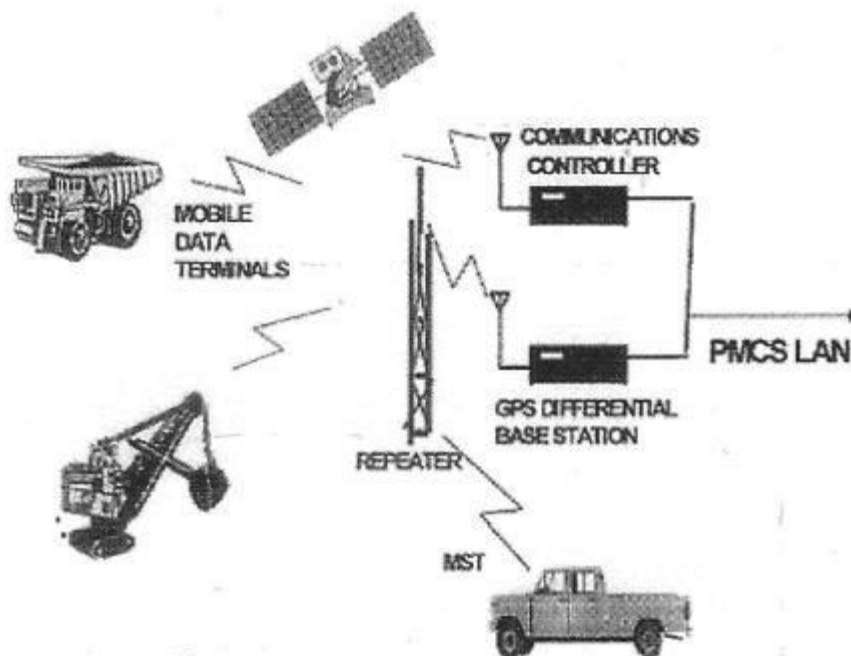


Рис. 1.

Все горное оборудование в карьере: экскаваторы, автосамосвалы, бульдозеры, буровые станки, – оснащаются бортовыми компьютерами и средствами беспроводной высокоскоростной системы коммуникаций, осуществляющей передачу параметров работы мобильного оборудования через ретранслятор на главную вычислительную систему. Кроме того, сюда же поступают данные о местоположении и перемещении мобильного оборудования, определяемые с помощью системы GPS.

Система управления осуществляет диспетчерское управление работой карьера на базе совместного использования оптимизационного и интерактивного методов.

### Сравнительный анализ развития горного дела в мире

В заключение приведем некоторые результаты статистического анализа развития горного дела в мире, выполненного Центром стратегических исследований Московского государственного горного университета под руководством ректора, чл.-корр. РАН Л.А.Пучкова.

Вначале рассмотрим некоторые методологические аспекты подхода к решению поставленной задачи. Какими параметрами можно характеризовать состояние горного дела и горный потенциал страны или региона – объемами добычи, количеством добываемых минеральных продуктов, количеством горных предприятий, количеством

занятых в производстве людей, стоимостью добываемых продуктов? Вероятно, всеми этими и, возможно, еще некоторыми другими.

Методологической основы для сведения такого спектра данных в обобщенные параметры оценки горного дела в настоящее время не существует. Поэтому авторы работы для сравнительной оценки состояния горного дела страны, экономического сообщества или географического региона приняли количество добываемых минералов.

В настоящее время в мире насчитывается 166 горнодобывающих стран. Анализ позволил выделить по принятому критерию лидирующую группу стран, каждая из которых добывает более 30 минералов. Они выстраиваются в статистический ряд, представленный на рис. 2. На рис.3 представлено распределение этих стран по объемам добычи минералов.

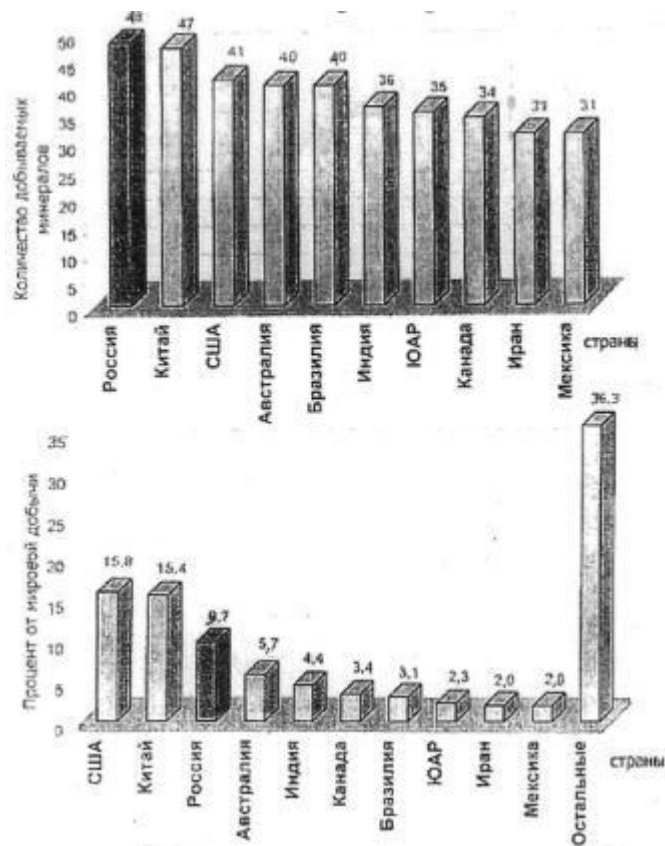


Рис. 2 и 3.

Можно видеть, что места стран перераспределились, в том числе среди лидеров: США, Китая и России, которые добывают совместно около 41% всего объема мировой добычи. В целом же, первая десятка горнодобывающих стран, определенная по количеству добываемых минералов, обеспечивает 63,7 % мирового объема, в том числе 87,1 % черных металлов и ферросплавов, где лидирует Бразилия (28,9 %); 61,1 % цветных металлов, где лидирует Австралия (31 %); 43,7 % добычи драгоценных металлов, где лидирует Австралия (11 %); 61,8 % добычи промышленных минералов, где лидирует Китай (15,9 %).

В заключение хочу высказать некоторые соображения по представленным результатам. Следует отметить, что ранее такого рода исследования вообще не производились. Различные страны по «горной мощности» не сравнивались, да и понятия такого не существовало. Однако полученные результаты можно рассматривать лишь как одну из возможных точек зрения, так как предложенный критерий сравнения стран по количеству добываемых минералов является частным, и представляется целесообразной разработка обобщенного критерия. Однако, в целом, следует отметить, что такие



исследования являются очень важными, т.к. позволяют горным производителям определять направление развития добычи тех или иных минеральных продуктов, что влияет на экономику этих стран.

Таким представляется исторический путь и современное состояние горного дела в мире.

### **Источники**

1. Горная энциклопедия. Том 2. – М.: «Советская энциклопедия», 1986.
2. Агрикола Г. О горном деле и металлургии. – М.: «Недра», 1986.
3. История освоения минеральных ресурсов мировым сообществом. – Київ: «Техніка», 1998.
4. Карпиков А.П., Чирков А.В. Из истории горного дела и геологии в России. – М.: МГГРУ, 1999.
5. Войлошников В.Д., Войлошникова Н.А. Книга о полезных ископаемых. – М.: «Недра», 1991.
6. Орлов А.Н. Драгоценные металлы. – М.: «Недра», 1996.
7. Геология и разведка месторождений полезных ископаемых. Под ред. В.В.Ершова. – М.: «Недра», 1989.
8. Automatic Control Systems at Open-Pit. Wenco International Mining System. Richmond, Canada, 2004.
9. Davidkovich A., Vilkul U., Korobko V. Principles and Models of Block Modeling of Open-Pit Mining Operations Development. 32<sup>nd</sup> Intern. Symp. APCOM, Tucson, Arizona, USA, 2005.
10. Пучков Л.А. Россия в горнодобывающем мире. – М.: МГГУ, 2006.
11. Weber L. Zsak Y. World Mining Data. Minerals Production. Vienna, 2004.
12. Mineral Commodity Summaries. USYS, US Gov. Printing Off, Washington, 2004.