

УДК 551.1

В.И. Старостин¹, А.Л. Перчук², А.В. Бобров³**XXXV СЕССИЯ МЕЖДУНАРОДНОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КОНГРЕССА
(КЕЙПТАУН, 2016)**

Обсуждаются итоги XXXV сессия Международного геологического конгресса, прошедшего в 2016 г. в Кейптауне (ЮАР). Рассмотрены основные научные проблемы, которые обсуждались на наиболее популярных секциях. К их числу относятся ранние стадии развития Земли, исследование минеральных ресурсов в различных странах, вопросы глубинного строения Земли, а также современные направления минералогии.

Ключевые слова: Международный геологический Конгресс, ранние стадии развития Земли и ее глубинное строение, минеральные ресурсы, минералогия.

The results of the 35th Session of the International Geological Congress held in 2016 in Cape Town (South Africa) are discussed in this paper. The major scientific problems discussed at the most popular sections are considered. Among them are the early stages in the evolution of the Earth, studies of mineral resources worldwide, the problems of the deep Earth structure, as well as modern fields of mineralogy.

Key words: International Geological Congress, early stages in the evolution of the Earth and its deep structure, mineral resources, mineralogy.

Сессии МГК происходят каждые 4 года и собирают весьма представительную аудиторию в 4–5 тыс. участников. Не была исключением и XXXV сессия, состоявшаяся в Кейптауне (ЮАР). Тенденция к участию молодых исследователей, четко проявившаяся на предыдущей XXXIV сессии в Брисбене (Австралия), в ЮАР выразилась в гигантских молодежных делегациях (до 600 человек) из Китая, Индии и Бразилии. Россия была представлена скромной по масштабам делегацией. Пленарные доклады делали в основном ученые из Европы, а также из США, Канады, Австралии и ЮАР.

К каждой сессии МГК издается специальный выпуск журнала «Episodes», который формируется оргкомитетом. На XXXV сессии особое внимание было уделено минеральным ресурсам. Впервые в работах всех сессий и симпозиумов существенная роль уделялась геологическому аспекту, в частности геологическому и металлогеническому картированию. Отметим обилие как электронных геоинформационных (на флешках, дисках), так и печатных геолого-геофизических материалов [The Great Mineral Fields, 2016]. Все участники имели возможность получить многие из них бесплатно.

Ранние стадии развития Земли. В последние годы все больший интерес у специалистов, работающих в области наук о Земле, вызывают геологические процессы на ранних стадиях развития Земли. Именно поэтому в переполненную

аудиторию секции «Гадей и архей Земли» смогли попасть не все желающие. На этой сессии были рассмотрены многочисленные нерешенные вопросы петрогенеза и тектоно-метаморфической эволюции ранней континентальной коры, динамики ее формирования, переработки и уничтожения. Кроме того, обсуждались происхождение и эволюция континентальной коры и субконтинентальной литосферы от гадея до конца архея на основе полевых геологических соотношений, геохронологии и изотопии, геохимических и петрологических данных, а также геодинамического моделирования. Большое внимание было уделено вкладу в петрогенез архейских зеленокаменных поясов и связанных с ними пород тоналит-трондьемит-гранодиоритового состава (ТТГ-гранитоидов).

Одной из наиболее продолжительных и популярных секций, которая проходила при полной или переполненной аудитории, на конгрессе была секция «Метаморфические процессы», состоящая из четырех сессий: «Проблемы ультравысокотемпературного (УНТ) гранулитового метаморфизма и плавления коры», «Микроуровень — ключ к познанию: микроскопические и микрохимические исследования метаморфических процессов с целью реконструкции композиционной и геодинамической эволюции Земли», «Метаморфические процессы на ранней стадии эволюции Земли» и «Высокобарный и ультравысокобарный метаморфизм и тектоническая эволюция орогенных поясов».

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра геологии и геохимии полезных ископаемых, зав. кафедрой, профессор, докт. геол.-минерал. н.; *e-mail*: star@geol.msu.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра петрологии, зав. кафедрой, докт. геол.-минерал. н.; *e-mail*: alp@geol.msu.ru

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра петрологии, профессор, докт. геол.-минерал. н.; *e-mail*: archi@geol.msu.ru

На сессии «Проблемы ультравысокотемпературного (УНТ) гранулитового метаморфизма и плавления коры» основное внимание было уделено вопросам, связанным с плавлением и потерей расплава, восстановлением P – T -трендов ультравысокобарных гранулитов, привязкой геохронологических оценок к P – T -трендам и установление источника тепла для УНТ (температура более 900 °С) метаморфизма. В докладах показано, как информация об эволюции термальной структуры земной коры во время орогенеза кодируется в микроструктурах, минеральных парагенезисах и составах минералов из магматических и метаморфических пород. Реконструкция метаморфической P – T -эволюции пород, объединенная с геохронологическими данными, создает необходимые условия для параметризации горообразования. Рассмотренные геодинамические модели образования горных пород пока не дают объяснения возникновению экстремально высоких температур, которые ранее не устанавливались в гранулитовых комплексах в связи с отсутствием надежных сенсоров метаморфизма.

На сессии «Микроуровень — ключ к познанию: микроскопические и микрохимические исследования метаморфических процессов с целью реконструкции композиционной и геодинамической эволюции Земли» обсуждались самые последние открытия в области микро- и наноразмерных процессов, которые контролируют минеральные реакции и перенос компонентов в метаморфических процессах. Наибольший интерес вызвали исследования минеральных включений в минералах, зональность минералов по главным элементам и микроэлементам в метаморфических минералах. Кроме того, были представлены исследования диффузии в минералах и ее применение в целях геоспидометрии.

На сессии «Метаморфические процессы на ранней стадии эволюции Земли» был рассмотрен широкий круг вопросов — от гидротермальных низкотемпературных процессов в породах верхней коры до высокотемпературных гранулитовых событий, записанных в нижней коре и верхней мантии. Результаты исследований архейских и палеопротерозойских пород проливают свет на решение важнейшей геологической проблемы — времени зарождения тектоники плит на Земле.

На сессии «Высокобарный (НР) и ультравысокобарный (УНР) метаморфизм и тектоническая эволюция орогенных поясов» представлены последние достижения в области петрологии, геохимии и геохронологии НР–УНР-комплексов в разных регионах мира. На основе этих данных восстановлена тектоническая эволюция орогенных поясов, а также флюидно-магматическое взаимодействие в породах погружающихся плит и мантийного клина.

Минеральные ресурсы. Минеральные ресурсы были рассмотрены не только в формальном фокусе на сессиях МГК, но и в аналитических обзорах. Отчетливо прозвучала тревога об обеспеченности в ближайшем будущем такими массовыми видами сырья, как железо, марганец, хром, уран и ряд других элементов. Мировые резервы высокорентабельных крупных горнорудных объектов за вторую половину XX в. существенно сократились — по железу в 2 раза, по цинку в 4, по свинцу в 3, по никелю в 2 раза и т.д., но потребление металлов осталось на прежнем уровне и даже возросло. Африканский континент — одно из последних мест нетронутых полезных ископаемых, где еще есть перспективы для разведки с последующей добычей в благоприятных климатических условиях.

Большая часть золота и все месторождения алмазов (в кимберлитах), платины, хрома и ванадия связаны с ядрами архейских кратонов, многие месторождения цветных металлов расположены в более молодых протерозойских метаморфических подвижных поясах. Залежи каменного угля, скопления нефти и газа, а также россыпные месторождения находятся в больших фанерозойских и голоценовых осадочных бассейнах. Все эти геологические обстановки в масштабах Земли обсуждались на многочисленных сессиях. Рассмотрим наиболее интересные моменты по проблемам минеральных ресурсов.

Железные руды. ЮАР — 7-й по величине производитель железной руды в мире. Перспективы добычи железной руды по оценкам суммарных оставшихся запасов извлекаемого железа для пяти крупнейших провинций Африки составляют приблизительно 1,51 млрд т. На основе прогнозов компаний и текущих темпов производства время работы рудников составит от 15 до 20 лет, за исключением Табазимби и Бишоек, которые будут истощены раньше. Эти месторождения в настоящее время добывают практически весь ежегодный запас ЮАР, который составляет около 78 млн т высокосортной гематитовой руды. Анализ материалов по железорудным провинциям мира показал, что производство железной руды сократится в течение следующих 15 лет, если прогнозно-металлогенетические работы не будут существенно расширены.

Вызвал интерес доклад, посвященный не очень значимой в экономическом отношении, но уникальной по времени возникновения формации железистых кварцитов Отжосондо в Намибии. Его образование связано с неопротерозойским событием, в котором Земля напоминала снежный шар (Snowball Event, это был самый холодный период за всю историю Земли, когда она фактически вся была покрыта льдом).

Месторождения марганца. Общие запасы марганца в мире составляют 8,5 млрд т, подтвержденные запасы — 3,5 млрд т. Основные ме-

сторождения сосредоточены в 10 странах — ЮАР и Украине (суммарно 50% мировых запасов), Казахстане, Габоне, Грузии, Австралии, Бразилии, Китае, Болгарии, Индии. Месторождения Африки составляют 80% мировых запасов. Из них 77% заключено в Марганцевом Поле Калахари, но обратим внимание на то, что оперативных разведанных запасов только 30,5%. Из этого следует кажущаяся современная дешевизна марганца. Производство руд составляет 41% мировой добычи, одно только Марганцевое Поле Калахари производит 26,5%, а вот, например, Китай занимает 2-е место (17%). По данным USGS на 2015 г. по запасам (млн т) на 1-м месте ЮАР (200), далее следуют Украина (140), Австралия (91), Бразилия (50), Китай (44), Габон (22), Казахстан (5), а общие мировые оперативные запасы составили всего 620 млн т.

В КНР в провинции Хунань находится месторождение Хунань, где рудоносная формация достигает мощности 216 м, приблизительный возраст 0,72 млрд лет. Руды карбонатные, бедные (15–16% Mn), в основном сложены родохрозитом. Подобное месторождение Санто расположено в провинции Гуйчжоу (10–25% Mn). Месторождение Сычуань (в верхнесинийских отложениях) связано с формациями сланцев, содержание Mn в нем составляет 13–25%, считается, что существует пространственно-временная связь с фосфоритами.

Никопольский бассейн включает в себя Никопольское и Большетокмакское месторождения и ряд рудоносных площадей, протягивающихся полосой вдоль берегов Днепра и Ингульца на 250 км при ширине 25 км (Украина). Руды залегают в нижнеолигоценых песчано-глинистых осадках. Количество руд в глинистых осадках достигает 15–20%. В настоящее время крупные участки руд сохранились только во впадинах кристаллического фундамента; выделяются 3 зоны: оксидная (пирролюзит, псиломелан, манганит), смешанная (оксидно-карбонатная) и карбонатная (манганокальцит, родохрозит).

Глубины Земли. На секции «Глубинная Земля» большой интерес вызвала сессия «Композиционная и реологическая слоистость в кратонной литосфере». Сессия многопрофильная, на ней были представлены результаты геофизических и петрологических исследований, а также геодинамического моделирования, раскрывающие процессы формирования литосферы и ее последующего изменения вследствие взаимодействия мантийных течений и тектоники плит. Большое внимание было уделено влиянию мантийного метасоматоза на модификацию литосферы. В рамках этой же секции прошли сессии по современным достижениям в области глубокого бурения на континентах и океанах, а также по результатам геологического и геофизического изучения границы между литосферой и астеносферой.

На сессии «Алмазы и глубинный коровый цикл в мантии Земли» заслушаны доклады о теоретическом и экспериментальном моделировании процессов корово-мантийного взаимодействия и связи с ними образования алмазоносных пород в мантии Земли. Характерно, что наряду с уже обычными для геологических конгрессов докладами об алмазоносных метаморфических комплексах на этой сессии были заслушаны сообщения о природе алмазоносности офиолитовых комплексов, в частности, хромититов, что еще несколько лет назад с недоверием воспринималось мировой геологической общественностью.

Проблеме алмазообразования была в значительной мере посвящена секция «Динамическая Земля», на которой одним из самых значимых событий стала сессия «Кимберлиты, эволюция кратонной мантии и алмазообразования во времени». Эта сессия ознаменовала 50-летие коллекции мантийных ксенолитов Кейптаунского университета, значительная часть которых была выставлена на специальной экспозиции конгресса. На сессии было заслушано 25 докладов, характеризующих значительный прогресс в геологическом, геохимическом, геофизическом и экспериментальном изучении субкратонной мантии Земли. Кроме того, в рамках трехдневной секции «Динамическая Земля» обсуждались проблемы геологии и тектоники Гималайского орогенного пояса, механизмов и возрастных характеристик амальгамации Западной Гондваны, происхождения офиолитов океанической литосферы, взаимоотношения деформаций и метаморфизма в процессе орогенеза, геодинамики и металлогенических процессов Тянь-Шаня.

Кимберлитовые месторождения алмазов. Кимберлитовые месторождения были одним из фаворитов на конгрессе. В экономическом отношении они отнесены к четырем категориям: 1-я — мирового класса, 2-я — крупные, 3-я — средние и 4-я — мелкие. Из месторождений 4-й категории разрабатываются немногие.

В мире насчитывается около 8000 кимберлитовых и лампроитовых трубок, 3000 из которых находится в Африке. Из них 1000 содержит алмазы и лишь 67 экономически выгодны для разработки. Только 7 известных кимберлитовых залежей относятся к 1-й категории, на них приходится почти 65% от общего мирового производства.

В Африке находится 5 из 7 залежей (Джваненг, Орапа, Венеция, Катоке и Куллинан). Четыре из них расположены в Каапваальском кратоне в южной части Африки и одна в кратоне Касаи в Центральной Африке, они охватывают возрастной диапазон от мезопротерозоя до мела. Месторождения 2–4-й категорий имеют небольшие размеры и низкие запасы, но в целом составляют около 80% всех запасов, которые входят в 20% мирового производства. К месторождениям 2-й категории относятся те, которые производят более

0,4 млн каратов алмазов в год, но не отвечают критериям доходов от разработки месторождений 1-й категории. Десять таких месторождений выявлены в Африке, и все они расположены в кратонах Капвааль и Касаи, диапазон их возраста варьирует от кембрия до мела.

Рудное поле Кимберли состоит из 5 исторических трубок: Кимберли, Де Бирс, Дутоитспан, Бултфонтейн и Весселтон. В настоящее время функционируют только три последние, на них ведется добыча. Рудники Дутоитспан и Бултфонтейн были открыты в 1870 г., а затем открылись шахты Де Бирс и Кимберли в 1871 г., а рудник Весселтон в сентябре 1890 г. Здесь развит кластер из 30 трубок, имеющий радиус 10 км. Трубки Кимберли и Де Бирс стали разрабатывать в 1884 г. На руднике Кимберли добыча велась до глубины 820 м, в 1914 г. добыча остановилась, в то время как рудник Де Бирс закрылся в 1991 г. Из трубок Кимберли добыто 182 млн каратов. Только один рудник Кимберли произвел более 14 млн каратов и 22,6 млн т руды. В трубках находили крупные, уникальные алмазы желтого цвета, такие, как алмаз в 253 карата Оппенгеймер (трубка Дутоитспан, 1964 г.). Три действующих ныне рудника производят алмазы ценой более 300 долл. США за карат. Годовой объем добычи месторождений 1–4-й категорий составляет 32,46; 9,63; 2,24 и 0,59 млн каратов соответственно. Десять месторождений 2-й категории имеют запасы на порядок меньше — 266 млн каратов и 16 месторождений 3-й категории содержат примерно 89 млн каратов. Кроме того, в группе месторождений 1-й категории дополнительно содержится 1,2393 млн каратов алмазов в хвостах.

Рудник Орана (Ботсвана). Горнодобывающая деятельность на этом руднике началась в 1971 г. В последнее время в среднем добывается 14,5 млн т руды (10 млн каратов) в год. В настоящее время продолжается глубокое бурение и оценка южной трубки, в глубинной части которой находится темный вулканокластический кимберлит, который никогда раньше не отбирался. Ныне он оценивается выше, чем слоистая толща в кратерной части.

Это новое открытие значительного количества алмазов на глубине обеспечивает дополнительную ценность с точки зрения будущих возможностей

глубинных горизонтов кимберлитовых полей. По современным прогнозам рудник будет действовать до 2040 г.

Во многих регионах Африки, таких, как Маранге, Кванго, Аредор и т.д., ежегодное производство алмазов из аллювиальных россыпей составляет от 15 до 20 млн каратов. Это говорит о том, что 700 млн каратов из 3,2 млрд каратов уже добыто, что составляет 1/4 от всех алмазов континента. Однако ресурсы основных аллювиальных месторождений в Африке будут истощены довольно скоро. Исходя из мировой практики основные ресурсы аллювиальных алмазов России еще ждут своих исследователей.

Минералогия. Как и на предыдущих геологических конгрессах, довольно разнообразной оказалась секция «Минералогия», на которой были представлены доклады по традиционным направлениям — минералогии глин и геммологии.

Большой интерес вызвала сессия «Флюидные и расплавные включения в минералах», которая в этот раз имела явную металлогеническую направленность. В докладах на этой сессии обсуждалось генетическое значение флюидных включений в минералах молибден-порфиновых, медно-золотых, вольфрамовых и висмутовых месторождений, а также связь состава флюидных включений с изотопным составом различных минералов. Характерно, что рудная тематика доминировала и на общеминералогической сессии, где обсуждались новые минералы платиновой группы и их синтетические аналоги, результаты компьютерного моделирования свойств никельсодержащих сульфидов, а также результаты теоретического моделирования форм вхождения золота в состав сульфидов рудных месторождений.

Редкоземельные элементы. Проблема ресурсов редкоземельных элементов за прошедшие 4 года потеряла свою актуальность. Монопольное положение Китая в этой области сохраняется. Уже освоенные месторождения карбонатитов и отсутствие значительного в количественном отношении спроса промышленности на них отодвинули интерес к этому сырью на ближайшее будущее. Именно сейчас создаются новейшие технологии с использованием редких земель, но пока еще не наступило время их массового внедрения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

The Great Mineral Fields of Africa // Episodes. Spec.

Iss. for 35 IGC, Cape Town, South Africa, 2016. Vol. 39, N 2.

Поступила в редакцию
21.03.2017