

минералообразующих систем, температура и давление, а главное, длительные периоды времени образования) не дают возможность прийти к однозначному мнению между петрологами относительно генезиса как ихтиоглиптов, так и самих пегматитов. Некоторые считают их настоящими сростками (полевой шпат и кварц образуются в результате совместной кристаллизации); другие полагают, что кварц представляет частичную перекристаллизацию ранее образованного полевого шпата; другие предлагают, что в каждом случае необходимо рассматривать индивидуальные особенности образования.

Результаты исследований графических пегматитов восточной части Украинского щита подтверждают неоднозначность теоретических и полученных данных, что может объясняться именно длительной историей их формирования, с многократными метасоматическими преобразованиями исходных пород.

#### Список литературы

1. Таран Ю.Н., Мазур В.И. Структура эвтектических сплавов. – М., Metallurgia, 1978. – 312 с.
2. Вайнгнер У. Введение в физику кристаллизации металлов. – М., Мир. – 1967. – 160 с.
3. Лазаренко Е.К., Павлишин В.И. Учение о пегматитах в свете новых данных // Минералогенезис. – София, 1974. – С. 125-137.
4. Jackson K.A., Hunt J.D. Lamellar and rod eutectic growth. – Trans. Metallurg. Soc. AIME, 1966, 236, N 8, p. 1129-1142.
5. Rose G. Reise nach dem Ural. 1. 1873. – 445 p.
6. Ферсман А.Е. Письменная структура пегматитов и причины её возникновения, Изв. АН., серия 6, 1915.7.
7. Шавло С.Г., Кирикилица С.И., Князев Г.И. Гранитные пегматиты Украины. –К.: Накова думка, 1984. – 263 с.
8. Поляков В. О. Минералогия и генезис амазонитовых пегматитов Ильменских гор / Дис. канд. геол.-мин. наук. – Миасс: ИГЗ, 1982. – 287 с.
9. Попов В. А., Попова В. И., Поляков В. О. Закономерные сростания минералов в пегматитах Ильменских гор//ЗРМО, 2006. – Ч.135. – вып. 5. –С.48-59.

УДК 553.98(477)

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИСЛЕДОВАНИЯ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ КАУСТОБИОЛИТОВ И БИОЛИТОВ

*В.А. Баранов, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины, 2а*

Приведены основные закономерности формирования каустобиолитов и биолитов, полученные в последние десятилетия. Рассмотрены методы определения подстадий катагенеза, палеотемператур, выделения нарушенных зон и подзон, по площади и в стратиграфическом разрезе.

Энергетическая независимость любой страны является основой развития её промышленного потенциала, по этой причине природные ресурсы, используемые в указанном направлении, находятся всегда под пристальным вниманием, а проблемы, связанные с условиями их залегания, разработки и использования – актуальны.

Около половины энергетического потенциала в нашей республике получают на атомных электростанциях из переработанного уранового сырья. Вторую часть ресурсов, так же около половины указанного потенциала составляют каустобиолиты угольного и нефтяного ряда, которые были выделены и описаны более ста лет назад немецким ученым Г. Потонье. Единой классификации данного сырья не разработано вследствие существенно разных

условий образования и преобразования его в природе, поэтому здесь будут кратко описаны основные закономерности и достижения в указанном направлении.

Каустобиолиты угольного ряда представлены сапропелитами (остатки низших животных и растительных организмов, в основном фитопланктон) и гумолитами (остатки высших болотных растений), а также значительным количеством переходных типов веществ: сапрогумолитов, гумосапропелитов и т.д. Характерные отличия этих двух классов в том, что сапропелитов в ранние эпохи формирования Земли было больше, что естественно, но сохранилось мало, вероятно, вследствие их неустойчивости к температурному фактору и на средней подстадии катагенеза они исчезают. Гумолиты, появившиеся в среднем палеозое, широко распространились и заняли свою нишу на планете. Сапропелиты (устаревшее название – горючие сланцы) реже встречаются отдельными пластами, чем гумолиты, сейчас они у нас практически не добываются. Сапропелиты слагают пропластки и линзы в угольных (гумолитовых) пластах. Гумусовые угли распространены в осадочных породах земной коры и были основным энергетическим сырьем во многих странах в прошлом столетии.

Каустобиолиты нефтяного ряда (нефти, асфальты, озокериты и другие подобные вещества) по Г. Потонье произошли в результате подземной перегонки (крекинга) сапропелитов. Сейчас существует несколько гипотез образования нефти – органическая, неорганическая и совместная. В соответствии с Горной энциклопедией 1987 г, Т.3 – в 70-80-х годах на международных конгрессах гипотезы неорганического происхождения нефти не получили поддержки, но в последние годы они получили новое развитие, особенно силами ученых киевской и львовской научных школ.

Биолиты – органогенные породы, которые не горят. Данный термин не получил широкого распространения в геологической литературе, поэтому предлагается его использовать вместо устаревшего термина «горючие сланцы», не отвечающего требованиям современной геологии, поскольку «сланцы» – это метаморфические породы, в которых органики не может быть по определению. Таким образом, биолиты – это любые осадочные породы, имеющие рассеянное органическое вещество, примерно от 1-2 % до 30-40 %. Осадочные породы с содержанием органики около 50 % и более, являются углем и у них появляется свойство – гореть.

Для разработки месторождений каустобиолитов и их производных – газов, важным параметром являются коллекторские свойства. На сегодняшний день известны два типа коллекторов – поровый и трещинный. Для выделения или декорирования трещин в керне горных пород и последующего их исследования разработан «метод К.И. Багринцевой» или люминесцентный метод дефектоскопии. Метод основывается на использовании люминесцирующих веществ, которые имеют характерное свечение под действием ультрафиолетовых лучей. Для реализации этого метода нужно иметь специальное оборудование и люминесцирующие вещества. Для экспрессных полевых условий он не приспособлен. По этой причине, нами разработан экспрессный, надежный и недорогой метод декорирования трещин как кернов, так и штуфов, стенок горных выработок и других поверхностей, определение трещиноватости которых необходимо провести. На указанный способ получен патент Украины №24653. Для определения степени трещиноватости угля разработан «Способ декорирования трещиноватости угля» – патент Украины №52996 (рис.1).

Геологам вообще и нефтяникам, в частности, актуально выделение на каком-либо участке разведки нарушенных зон. Проблему пытаются решить с применением дорогостоящей сейсмической аппаратуры, методом изучения естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ), эманационными, теплофизическими и другими наземными способами разведочной геофизики. Нами, для решения указанной задачи, разработан «Способ определения нарушенности горных пород» – патент Украины № 40686.

Действие способа основано на определении степени расчленения рельефа местности, с его помощью установлено, что породы Бахмутской котловины нарушены вдвое сильнее, чем Кальмиус-Торецкой (рис.2). В условиях Донбасса метод был апробирован не только для расчленения геолого-промышленных районов на нарушенные в разной степени участки, но для сопоставления степени нарушенности на поверхности и на глубине. Ранее, для

определения степени нарушенности горных пород петрографическим методом на разных стратиграфических горизонтах был разработан коэффициент плотности следов пластических деформаций (сокращенно – коэффициент пластичности  $K_p, \text{мм}^{-1}$ ), показывающий удельное значение степени микронарушенности песчаников (А.с. СССР №1463936) и коэффициент нарушенности  $K_n, \%$ , являющийся, по сути, индикатором напряженного состояния пород (А.с. № 1752982). Значения этого коэффициента определялись по пробам, отобранным из керна скважин или с забоев горных выработок шахт. Сопоставление значений макронарушенности на поверхности и микронарушенности на глубине показало их закономерную связь, установленную для отложений Донбасса.



Рисунок 1 Штуф угля с декорированной (проявленной) трещиноватостью

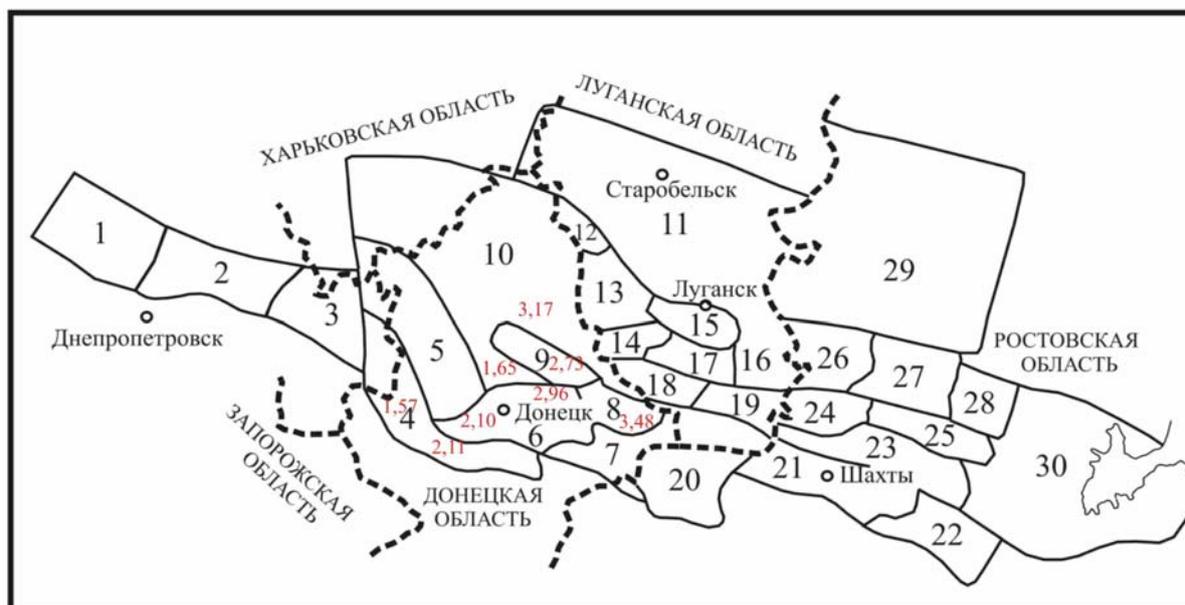


Рисунок 2 Схематическая карта районов Донбасса со значениями нарушенности пород (мелкие цифры)

Определение подстадий катагенеза и палеотемператур формирования отложений, также актуально для специалистов как угольной, так и нефтегазовой отрасли. В настоящее время эти данные определяются, в основном, по показателю отражательной способности витринита, разработанному И.И. Амосовым и другими авторами для определения степени углефикации углей. Метод вызывает нарекания, поскольку его надежность зависит от таких параметров как степень обработки препарата, места отбора образца, состава угля. Кроме этого, рассеянная органика не тождественна степени преобразования угля в угольном пласте, есть проблемные слои, в которых органики недостаточно для ее отбора и выполнения анализа. Генетически угольное вещество также отличается в разных бассейнах и районах.

Для определения степени катагенеза без привлечения органики был разработан «Способ определения степени катагенеза пород», на который получен патент Украины №31482 (рис.3). Данный способ базируется на значениях уже упоминавшегося показателя микронарушенности и пористости. Для изготовления препарата и определения коэффициента микронарушенности достаточно небольшой навески шлама со скважины. Указанный способ применяется для выделения средней подстадии катагенеза, в которой происходят выбросы песчаников на угольных шахтах. Характерная деталь – в отложениях раннего и позднего катагенеза выбросы пород не происходят. В нефтегазовой геологии со средней подстадией катагенеза (ориентировочно возле углей Г, Ж, К, ОС) связана главная фаза нефтеобразования. Возможно, указанные факты взаимосвязаны, но подобные сопоставления не проводились. Причина существования главной фазы нефтеобразования и совпадение ее со средней подстадией катагенеза заключена в температурном факторе. Бурые угли переходят в черные (каменные) при температуре около 80<sup>0</sup>С, выше которой сворачивается белок [1]. Газовые угли формируются при температуре около 100<sup>0</sup>С, при которой закипает вода и начинается полноценная экстракция углеводородов из органики (если мы принимаем органическое происхождение нефти). Заканчивается экстракция при температурах 150-160<sup>0</sup>С, при которых формируется уголь марки ОС, в этом стратиграфическом интервале «исчезают» сапропелиты.

Поскольку границы подстадий катагенеза и надежное их выделение актуально для геологов, был разработан «Способ определения границ выбросоопасности пород», по сути, предназначенный для определения нижней и верхней границы средней подстадии катагенеза. На указанный способ получен патент Украины №5280. Суть способа заключается в сопоставления коэффициента микронарушенности и показателя открытой пористости, причем с одного исследуемого интервала пород отбирается не менее 10 проб (оптимально – 20 проб), для сохранения принципа статистического анализа. В процессе бурения скважины, периодически, с каждого стратиграфического интервала отбираются пробы, исследование которых позволяет следить за изменением степени катагенеза и, с определенной достоверностью прогнозировать глубину перехода одной подстадии в другую.

Поскольку палеотемпература играет значительную роль в формировании каустобиолитов, актуальность ее определения имеет большое значение. Геологи сходятся во мнении о снижении температуры земной коры от стадии формирования, до настоящего времени, но количественно это пока не установлено. По нашим расчетам, температура пород Донбасса уменьшилась, примерно, в два раза, принцип расчета опубликован в работе [2]. В настоящее время палеотемпература формирования и преобразования пород определяется двумя методами: по показателю отражательной способности витринита и методом гомогенизации газожидких включений в минералах обломочных пород. О недостатках первого метода указывалось выше. Второй метод также не лишен недостатков. Главный из них – правильное определение генезиса включения, то есть: его первичности или вторичности, поскольку первичное включение покажет температуру формирования материнской породы, а вторичное – температуру преобразований в осадочной породе. В середине 80-х годов прошлого века был разработан метод определения палеотемператур, базирующийся на принципе гомогенизации, но существенно отличающийся от него, точность определения максимальной температуры, которой подверглась осадочная порода, в районе 5-10<sup>0</sup>С. Таким образом, температуры формирования углей представлены в таблице 1.

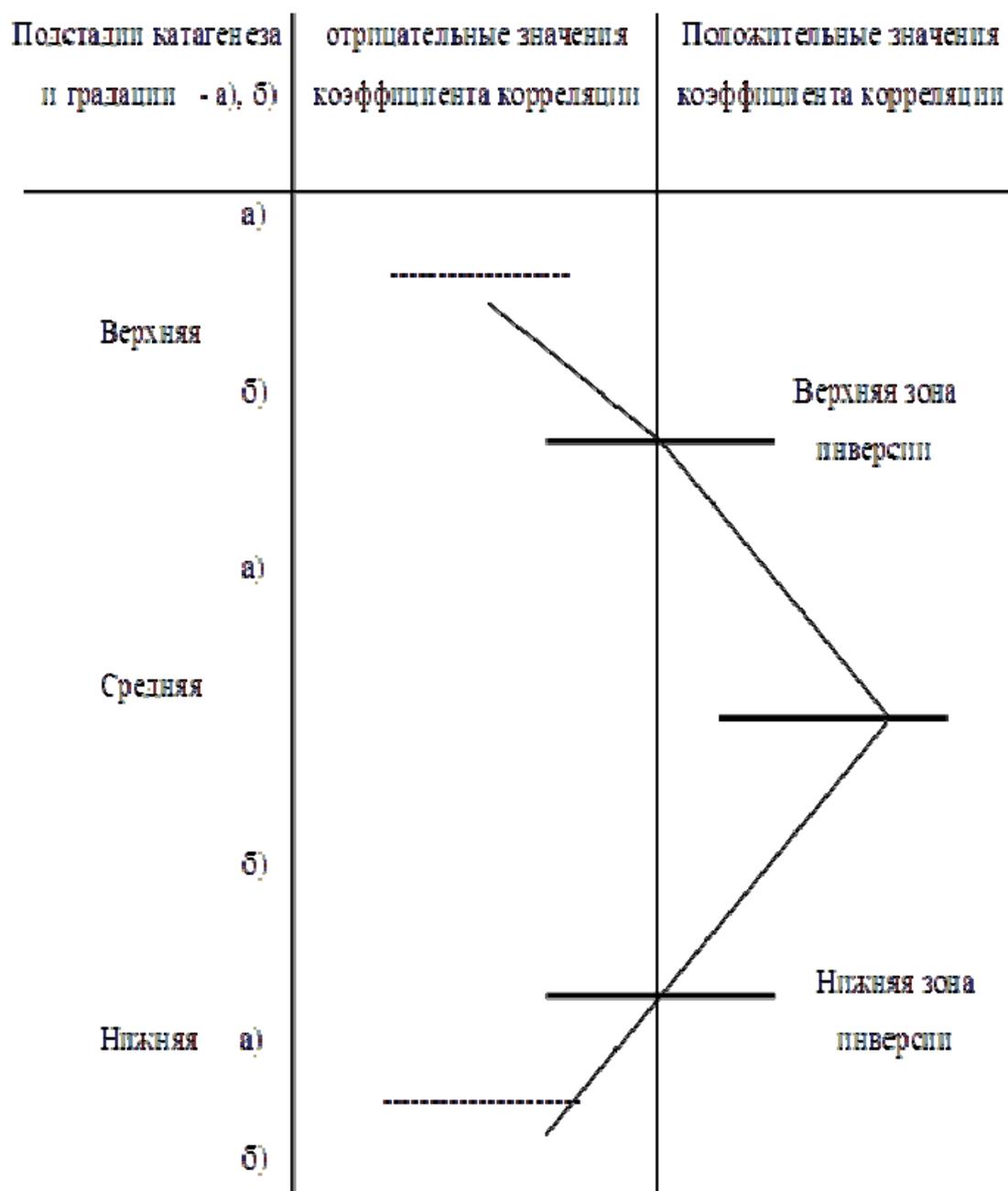


Рис. 3 Усредненная кривая значений коэффициентов корреляции микронарушенности и пористости для установления степени и границ подстадий катагенеза

Таблица 1. Температуры формирования углей.

| Марка угля       | Палеотемпература формирования, °С |
|------------------|-----------------------------------|
| Б <sub>1-3</sub> | 30-60                             |
| Д                | 80                                |
| Г                | 100                               |
| Ж                | 120                               |
| К                | 140                               |
| ОС               | 160                               |
| Т                | 180                               |
| А                | > 200                             |

Температуры формирования антрацитов имеют более широкий диапазон, вследствие различия условий. Марку ПА – углехимики исключили, а суперантрациты, не ввели, несмотря на существенную разницу в газоносности. Поэтому температуры антрацитов имеют относительно широкий диапазон, от 200 до 300 °С. Более детальное разделение их требует конкретных определений.

В учебной литературе температура формирования осадочных пород заканчивается в районе 300 °С, а в некоторых публикациях авторы пишут о температурах углефикации углей в 400, 500 и более градусов, с чем трудно согласится. Впрочем, это касается не только температур. Появляется все больше публикаций об образовании угля на Земле из углеродных облаков в космосе (Н.Г. Черных, 2009), теория образования угля и нефти посредством обдукции, приводящей к эксгумации горных пород с поверхности Мохоровичича, что служит механизмом флюидообразования из мантии (Г.В. Тарасенко, 2009), о потоках углеводородов из мантии, которые преобразовываются в бурые угли, в шунгиты, или формируют гигантские скопления нефти и газов в различных породах. Не исключая газовыделения из мантии, приведем известные примеры по данной теме.

Средняя глубина распространения зоны газового выветривания для Донбасса около 300 м (меняется в разных районах от 0 до 600 м). Отложения Донбасского карбона формировались примерно 300 млн. лет назад, получаем, что 1 мм зоны газового выветривания в породах формировался около 1000 лет. Это, по сути, диффузионный процесс, причем для пород, имеющих пористость до 10 – 20 %. В кристаллических породах пористость и проницаемость на два, а то и три порядка ниже.

Другой пример, это результаты бурения Кольской сверхглубокой скважины, показавшей, что породы щитов представлены палеосадочными отложениями, имеющими до 1 % органики, большей частью преобразованной в графит. Иными словами, первичный органический материал присутствует фактически во всех породах земной коры, также как и углеводороды, которые находят во включениях пород самых разных по происхождению комплексов. В работе [3] приводятся данные, согласно которым реальные значения давлений во включениях значительно превосходят величину не только гидростатической, но даже литостатической нагрузок и изменяются от 0 до 500 МПа. Если учесть, что объем газообразных включений углеводородов в кварцевых зернах может составлять 4-10 см<sup>3</sup> и более в 100 г кварца [4], становится очевидной необходимость изучения закрытой пористости минералов песчаников осадочных бассейнов. Объем закрытой пористости только кварцевых зерен может достигать 0,1 м<sup>3</sup> в 1 м<sup>3</sup> песчаника. На площади в 1 км<sup>2</sup> средний песчаник может содержать до 2 млн. м<sup>3</sup> углеводородов в газовой, жидкой и твердой формах, что описали представители львовской, днепропетровской и других научных школ. В позднем катагенезе кварц начинает трансформироваться, путем формирования микрогранул, микроблоков (так называемая «сухая переплавка кварца»), происходит самоочищение кварцевых зерен, последние переходят на зеленосланцевую стадию (фацию) метаморфизма без включений, которые можно наблюдать только в виде реликтов. Выделившийся газ может участвовать в формировании скоплений свободного газа в коллекторах, а ими могут быть любые породы. В работе [5], приведен перечень гранитов и других пород, в которых обнаружены месторождения или скопления углеводородов. Особенность этих пород, заключается в том, что они находятся на стадии гипергенеза, где пористость может достигать 20 % и более, прочность уменьшается, на два порядка (с 500 до 5 МПа) и если рядом есть источник углеводородов, образовавшаяся пористость может быть заполнена ими. Подобное явление наблюдается не только на Вьетнамском месторождении «Белый тигр», но и в гранитах Западного Донбасса, подстилающих карбоновые отложения, но объемы углеводородов там вряд ли будут значительные.

В 2003 г на шахте ГП «УК «Краснолиманская» в почве угольного пласта  $l_3$  марки Ж, была отобрана буровато-зеленоватая маслянистая жидкость, быстро застывающая до студенистой массы и передана в Институт физико-органической химии и углехимии НАН Украины. Ранее, в 80-х годах прошлого столетия туда же была передана подобная жидкость, отобранная из песчаника  $l_2^1Sl_2^2$  горизонта 986 м на шахте им. А.Г. Стаханова [6]. Анализ этих

жидкостей показал, что это нефть, близкая по составу к нефти Сагайдакского месторождения. Причина отсутствия крупных скоплений нефти в угольных месторождениях, заключается в разных условиях формирования угольных (анаэробная среда) и нефтяных месторождений (аэробная среда).

#### Перечень использованной литературы

1. Шпинар З.В. История жизни на Земле. – Прага, АРТИЯ, 1977. – 228 с.
2. Баранов В.А. Некоторые проблемы литологии / Збірн. матеріалів міжнар. наук. конф. Сучасні проблеми літології осадових басейнів України та суміжних територій. – К.: ПН- 2014. – С.17.
3. Наумов Г.Б., Наумов В.Б. Включения в минералах как источник информации в изучении геологических процессов / В сб.: Методы и аппаратура для исследования включений минералообразующих сред. - М.: Наука, 1980. - С. 178-195.
4. Якшин В.И. Гранулированный кварц - новый вид минерального сырья. Автореф. дисс. ...докт. геол.-мин. наук. - Свердловск, 1975. - 33 с.
5. Порфирьев В.Б. Природа нефти, газа и ископаемых углей. Избр. Тр.: В 2т. Т.2. Абиогенная нефть. – К.: Наук. думка, 1987. – 224 с.
6. Забигаило В.Е., Лукинов В.В., Широков А.З. Выбросоопасность горных пород Донбасса. – К.: Наук. думка, 1983. – 288 с.

## ИЗУЧЕНИЕ И ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНОСТИ АЛМАЗОНОСНОГО ПОЛЯ ЛОНГО, АНГОЛА

*Н.Г. Вунда, А.Б. Москаленко, Национальный горный университет, Украина,  
Т.М. Вунда, ГРО «Катока», Ангола*

В статье приводятся данные исследования геологического строения алмазоносного поля кимберлитов Лонго (северо-западной части Республики Ангола) и минералогическо-петрографического состава кимберлитовой трубки К-1.

По производству алмазов Ангола занимает третье среди африканских стран место после ЮАР и Ботсваны. Основные запасы алмазов сосредоточены в провинции Лунда-Норте на северо-востоке страны (рис.1), где выделяются два алмазоносных района: Лунда-Норте и Кванго. В районе Лунда-Норте обнаружены как коренные, так и россыпные месторождения алмазов; в районе Кванго, расположенном в долине одноименной реки, известны богатые алмазные россыпи. В пределах провинций Бие и Маланже выделен алмазоносный район Кванза-Бие, однако, планомерных геологических работ там не проводилось, а обнаруженные россыпи обрабатываются исключительно старательским способом.

Территория исследования расположена в пределах провинции Кванза Сул, в бассейне рек Лонга, Гангу и р. Кванза (рис. 1).

Геологическое строение района, как и большей части страны, изучено слабо. На всей площади участка наблюдаются выходы кристаллических пород архея, представленные гранитогнейсами, диоритами и гранодиоритами, кристаллическими сланцами, биотитовыми гранитами. На отдельных локальных участках обнажаются породы нижнего протерозоя, представленные кварцитами, конгломератами.

Породы нижнеархейского возраста, развитые на площади исследований, относятся к гранулитовой и амфиболитовой фациям регионального метаморфизма и подразделяются на две толщи: нижнюю и верхнюю. В составе пород нижней толщи архея, которые широко распространены в восточной и северо-восточной части площади, присутствуют гнейсы, кристаллические сланцы, кварциты. Породы верхней толщи нижнего архея представлены