

имел место после формирования верхне-олигоценовых песчано-глинистых пород.

3. Эпигенетические преобразования карбонатных руд марганца на стадии сернокислотного выветривания происходили во время продолжительного нижнемиоценового перерыва в осадконакоплении, когда сложились благоприятные условия для развития зоны окисления, захватившей толщу верхнеолигоценовых песчано-глинистых пород кровли (средняя мощность 2-3 м) и рудный горизонт.

Список литературы

1. Варенцов И.М. Месторождения марганца / И.М. Варенцов, В.П. Рахманов // Рудные месторождения СССР. В 3 т. Т.1. — М.: Недра, 1974. — С. 114 — 131.
2. Грязнов В.И. Минералы группы алуниита-ярозита из глин Харьковской свиты / В.И. Грязнов // Научн. Зап. Днепропетровского ун-та. Т. 58, 1957. — С. 79 — 87.
3. Грязнов В.И. Марганцеворудные фации в Никопольском бассейне / В.И. Грязнов // Геол. и рудоносн. юга Украины. — Вып. 8. — Днепропетровск: ДГУ, 1979. — С. 3 — 10.
4. Данилов И.С. Происхождение рудной зональности Никопольского марганцевого месторождения / И.С. Данилов // Литология и полезные ископаемые. — 1973. — №. 3. — С. 118 — 128.
5. Исследование марганцевой и железомарганцевой минерализации в разных природных обстановках методами сканирующей электронной микроскопии // Э.Л. Школьник, Е.А. Жегалло, Г.Н. Батурич [и др.]; науч. ред. Г.Н. Батурич. — М.: Эслан, 2012. — 472 с.
6. Куцевол Л.И. Алуниит в марганцевых рудах Никопольского месторождения / Л.И. Куцевол, Н.А. Панченко // Деп. в УкрНИТИ №1384-Ук-87 от 5.05.1987.
7. Никопольский марганцеворудный бассейн / [под ред. А.Г. Бетехтина]. — М.: Недра, 1964. — 535. с.
8. Перельман А.И. Геохимия / А.И. Перельман. — М.: Высшая школа, 1979. — 423. с.
9. Смирнов С.С. Зона окисления сульфидных месторождений / С.С. Смирнов. — М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1955. — 332. с.

ГРАФИЧЕСКИЕ ТЕКСТУРЫ ПЕГМАТИТОВ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ УКРАИНСКОГО ЩИТА КАК ПРОДУКТ ЭВТЕКТИЧЕСКОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ

Е.В. Сливная, Национальный горный университет, Украина

В статье представлены данные всестороннего изучения графических текстур письменных пегматитов восточной части Украинского щита. В результате минералогического, петрографического, кристаллооптического анализа установлено, что текстурно-структурные особенности этих пород обусловлены закономерными срастаниями кварца и калиевого полевого шпата, а также приведен возможный механизм их образования.

Пегматиты с графической (письменной) текстурой, благодаря своим декоративным качествам, привлекали внимание ученых еще в XVII-XVIII вв. и первые более - менее подробные описания были посвящены именно таким разновидностям. Несмотря на достаточно длительную историю изучения пегматитов, они до сих пор интересуют исследователей широчайшим разнообразием минерального состава, уникальностью структур и текстур, большой промышленной ценностью, поскольку часто содержат многие металлические и неметаллические полезные ископаемые, в том числе редкие и рассеянные металлы, драгоценные и поделочные камни.

При проведении поисковых и поисково-оценочных работ на письменные граниты в пределах восточной части УЩ наиболее перспективными объектами оказались пегматиты Елисеевской группы месторождений, входящих в состав Западно-Приазовского

пегматитового поля.

Детальный анализ письменных пегматитов с целью их использования в камнеобрабатывающей промышленности позволил выделить две группы пород: кварц-микроклиновые и плагиоклаз-микроклиновые пегматиты с графической (33%) и неясно-графической (51,1%) текстурами. Меньшую роль играют пегматоидные, зернистые или блочные пегматиты (1,1%). Установлено, что письменные пегматиты Елисеевского рудного поля обладают эффектным “графическим” рисунком, который образован закономерными сростаниями кварца и полевого шпата. Закономерные эпитактические взаимные ориентировки этих двух минералов возникают при одновременном росте и подчиняются определенным законам сростаний, которые описывают кристаллографические, кристалломорфологические и структурные особенности сростающихся минералов.

Основная часть кварц-полевошпатовых сростаний, по мнению подавляющего большинства исследователей, является следствием эвтектической кристаллизации, которая, однако, характерна для магматического, метаморфического и метасоматического процессов. «Эвтектическая кристаллизация — это по сути своей диффузионное разделение бинарного расплава-раствора на две одновременно образующиеся кристаллические фазы» [1]. Условия эвтектической кристаллизации конденсированных фаз двух типов были сформулированы следующим образом:

1. Размеры атомов двух металлов (или веществ) должны, как правило, отличаться друг от друга более чем на 14-15%, тогда в кристаллическом состоянии наблюдается их ограниченная растворимость, т.е. они не образуют твердых растворов;

2. Обе твердые кристаллические фазы должны иметь определенное подобие кристаллических структур;

3. Еще одной особенностью эвтектических систем является то, что кристаллизующиеся в них твердые фазы не образуют между собой твердых растворов и представлены чистыми или почти чистыми компонентами. При переходе же системы в жидкое состояние оба компонента должны неограниченно взаимно растворяться друг в друге.

Кристаллизация в эвтектических системах в условиях, близких к равновесию, всегда начинается с компонента, находящегося в избытке относительно состава эвтектической смеси (рис. 1). При дальнейшем снижении температуры, жидкая фаза все время обогащается другим компонентом, что приводит при достижении температуры эвтектики к совместной кристаллизации обоих компонентов (точка E отвечает составу а).

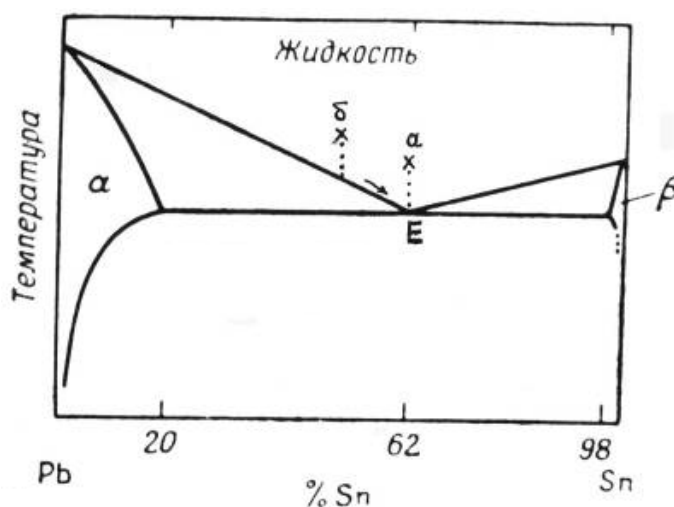


Рис. 1. Диаграмма состояния в системе свинец-олово [2]

Совместная кристаллизация двух минералов может происходить при достижении эвтектических условий в системах, не содержащих или же содержащих незначительную

примесь летучих компонентов. Такие системы принято называть конденсированными. Главные компоненты таких систем имеют даже при температуре, близкой к температуре плавления, очень малую упругость пара, в связи с чем, присутствие газовой фазы практически не оказывает влияния на основной ход кристаллизации таких труднолетучих веществ. Эти экспериментальные данные, полностью согласуются с данными, полученными при изучении некоторых природных объектов (пегматитов УЩ), четко подтверждая их метаморфогенное образование в «сухих» условиях амфиболитовой фации [3].

Морфология агрегатов, образующихся в результате эвтектической кристаллизации, зависит от многих факторов - количественные соотношения твердых компонентов, отклонения в количественных соотношениях компонентов от теоретически предсказанных, влияние каких-то неучтенных примесей, в частности летучих компонентов, сильно увеличивающих давление в системе, или же какие-либо особые кинетические факторы кристаллизации.

Морфология эвтектических сростков обычно определяется кристаллографическими особенностями преобладающего в количественном отношении ведущего компонента, Этот ведущий компонент образует скелетный кристаллический каркас, в промежутках, между ветвями которого располагаются индивиды второго компонента. Меньшее влияние на морфологию агрегата оказывают кристаллографические особенности второго компонента. Во многих случаях срастания кристаллических компонентов имеют закономерный эпитаксиальный характер (или лучше синтаксический).

Законы срастаний индивидов двух разных компонентов установлены лишь для некоторых эвтектических сростков. Характер срастания индивидов будет зависеть от степени подобия обоих компонентов, т.е. если расхождение узлов решеток компонентов будет больше, чем 14-15%, то эвтектические сростки могут носить незакономерный характер. Результаты экспериментов показывают, что в жидкостях эвтектического состава вначале самопроизвольно и на некотором удалении друг от друга начинают зарождаться и расти кристаллики обеих фаз [4]. И только при возникновении границы соприкосновения двух разных фаз начинается эвтектическая кристаллизация. Лишь после этого наблюдается совместный рост индивидов разных веществ в виде эвтектической колонии, которая и определяет рисунок сростков.

Установление закона срастания двух минералов осуществляется разными методами :

– с помощью гониометра: измеряется ориентировка имеющихся граней кварца, а также граней или хотя бы плоскостей спайности полевого шпата;

– с помощью Федоровского метода: в специально приготовленных точно ориентированных шлифах закономерных сростков удается определить оптическую ориентировку индивидов и направление индукционных ребер;

– с помощью рентгеновского метода: получают лауэграммы сначала для одного, потом для другого индивида сростка;

– установлению ориентировки того или иного индивида помогают фигуры естественного или искусственного травления.

Все полученные данные фиксируются в гномо-стереографической проекции на базе координатной системы полевого шпата и кварца в соответствии с эпитаксиальными соотношениями, с последующими теоретическими построениями и выводами.

Кварц-полевошпатовые графические срастания наиболее известны во всем мире. В Ильменских горах впервые они были изучены Г. Розе в гранитовых и амазонитовых пегматитах с выступающими головками одинаково ориентированных кристалликов кварца, где грань примы кварца параллельна грани $\{010\}$ калиевого полевого шпата [5]. Этот тип срастаний назван законом Розе (R) при анализе письменной структуры пегматитов А.Е.Ферсманом [6] среди других выделенных им трацеоэдрических законов А, В, С, D характеризующихся параллельностью ребра $[1213]$ кварца ребру $[001]$ калишпата.

Последующие исследования закономерных кварц-полевошпатовых срастаний в пегматитах и анализ работ предшественников (Розе, Брейтгаупта, Войчака, Валлерана, Ферсмана, Горностаева, Уолстрома, Дрешер-Кадена, Херича, Геккеля, Чеснокова и др.) позволили выделить пять типов законов ориентировки кварца в кристаллах полевого шпата. 1-й тип —

это ферсмановские трапецоэдрические законы; среди которых есть правые и левые, положительные и отрицательные — по выходам проекции оси L_3 кварца на «ферсмановском круге» (под углом $\sim 42^\circ$ к $[001]$ полевого шпата). 2-й тип трапецоэдрических законов отличается от ферсмановских тем, что трапецоэдрическая зона кварца совпадает с осью $[010]$ полевого шпата, а грань призмы кварца параллельна $\{100\}$ полевого шпата. В 3-й тип объединены законы срastания с параллельностью оси L_2 кварца и $[010]$ полевого шпата; грани призмы кварца либо перпендикулярны, либо симметрично наклонны к осям $\{010\}$ полевого шпата. Законы срastания 4-го типа, характеризующиеся параллельностью граней призмы кварца и $\{010\}$ калишпата, близки к ферсмановским, но отличаются иными ориентировками оси L_3 кварца. К 5-му типу срastаний отнесены прочие эпитаксические ориентировки с параллельностью определенных граней и ребер кварца и полевого шпата.

Все описанные выше законы срastаний определяются простейшими эпитаксическими соотношениями - совпадением (параллельностью) грани и ребра одного минерала с гранью и ребром другого минерала. Но существуют и более сложные эпитаксические соотношения, которые определяются параллельностью нескольких ребер одного минерала с несколькими гранями другого минерала.

Таким образом, решающим критерием для отнесения любого агрегата кварц-полевошпатовых срastаний к типу письменных является наличие закономерных эпитаксических соотношений во взаимной ориентировке кварца и микроклина. Теоретически, преобладание тех или законов срastания зерен минералов может в некоторой степени служить индикатором условий образования письменных пегматитов. Так, А.Е. Ферсман [6] отмечал, что в более ранних высокотемпературных зонах пегматитов при температурах $\sim 700^\circ\text{C}$ преобладают кварц-полевошпатовые срastания по законам А и В, в промежуточных зонах ($\sim 600^\circ\text{C}$) — по законам R и С, в центральных относительно низкотемпературных графических зонах ($\sim 500^\circ\text{C}$) преобладают кварц-альбитовые срastания. Эти интервалы температур подтверждаются определениями температуры гомогенизации расплавных включений ($665\text{—}600^\circ\text{C}$) в кварце из графических амазонитовых зон пегматитов, в амазоните графических зон $540\text{—}520^\circ\text{C}$, в мусковите блоковых зон $400\text{—}375^\circ\text{C}$ [7].

Исследуемые пегматиты богаты разнообразием форм вростков кварца. Исходя из этого, ихтиоглипты кварца классифицируются по форме и размеру. Наблюдаются следующие разновидности форм графических прорастаний: волнообразные (крупные, изогнутые ихтиоглипты); пластинчатые (в виде пластинок, ориентированы в двух направлениях под углом $70\text{--}75^\circ$); пунктирные (до 5 мм длиной); карандашевидные (тонкие, более 5 мм длиной); изометричные; клиновидные.

То есть, в качестве основы для классификации графических пегматитов может использоваться морфология ихтиоглиптов кварца. Обычно, ихтиоглипты, одинаково ориентированные внутри блока полевого шпата, похожи друг на друга по особенностям огранки. Но, при этом, кристалломорфология вростков несёт информацию о взаимоотношениях кристаллических структур минералов и о термодинамических условиях кристаллизации породы.

Ихтиоглипты кварца имеют исключительно непостоянную огранку и подразделяются на четыре морфологических типа [8, 9]:

- 1) ихтиоглипты с собственной, свойственной кварцу, огранкой;
- 2) ихтиоглипты с плоскостной индукционной огранкой;
- 3) ихтиоглипты с чуждой кварцу огранкой, которая либо соответствует граням полевого шпата, либо чужда ему;
- 4) ихтиоглипты с комбинированной огранкой (собственной, индукционной и частично чуждой кварцу).

В изученных нами письменных пегматитах с графической структурой наблюдаются классические (обыкновенные) ихтиоглипты с плоскостной индукционной огранкой. Они обладают четкой плоскостной индукционной штриховкой, параллельной лишь одной плоскости и характерными клиновидными поперечными сечениями (рис.2).

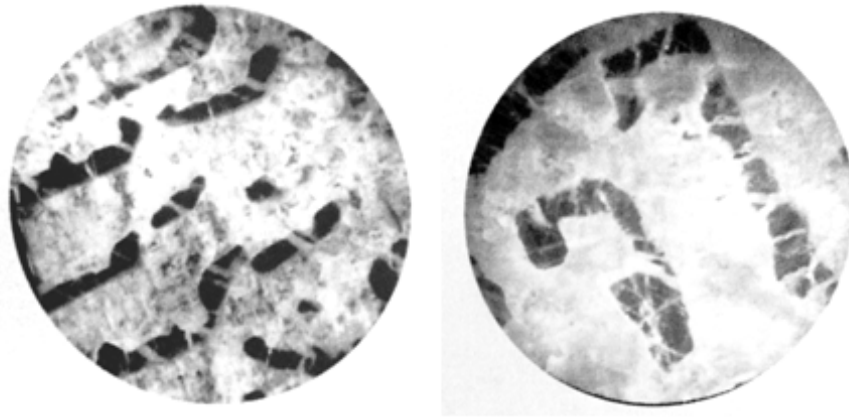


Рис. 2. Письменные пегматиты с графической структурой классические (обыкновенные) ихтиоглипты с плоскостной индукционной огранкой

Преобладают удлиненные вростки ихтиоглиптов псевдопризматической или пирамидальной формы с очень острым углом при вершине, часто с многочисленными пережимами и раздувами. В местах пережимов вростки сплошные, в местах раздувов – полые, с включенным внутри них полевым шпатом, т.е. количественные соотношения кварца и микроклина остаются почти постоянными. По форме они изометричные, пластинчатые, карандашевидные, трубчатые, полые (футлярообразные – замкнутые и незамкнутые) или нацело слагаются кварцем.

В разных сечениях (срезах) микроклина, как уже отмечалось выше, наблюдается различный рисунок кварцевых вростков (рис.3).

В продольном сечении очертания классических ихтиоглиптов представлены в виде более или менее субпараллельно ориентированных волнистых ограничений. Футлярообразные вростки в осевых срезах дают раздваивающиеся то расходящиеся, то сближающиеся полосы кварца с включенным между ними микроклином.

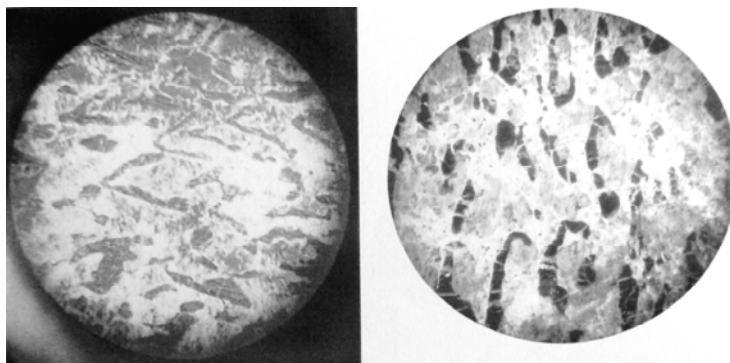


Рис. 3. Срезы микроклина с различным рисунком кварцевых вростков

В срезах периферической части этих же вростков получают червеобразные полосы кварца (рис.4).

В поперечном сечении, параллельном плоскости индукции, очертания классических ихтиоглиптов кварца представлены особыми формами (иероглифами) (рис.5), теоретически рассчитанными и измеренными в шлифах А.Е.Ферсманом [6].

Слева теоретическое построение; справа – чертежи по измерениям в микроскопе [6].

Форма иероглифа зависит от взаимной ориентировки минералов и плоскости индукции полевого шпата. Эта закономерность позволяет связать внешние морфологические и внутренние кристалломорфологические структурные соотношения в классических письменных пегматитах. Таким образом, устанавливается однозначная зависимость между

законом срастания и морфологией индукционных вростков, чем и объясняется графический рисунок письменных пегматитов. В письменных пегматитах с неясно-графической структурой встречаются, в основном, ихтиоглипты с комбинированной огранкой (собственной, индукционной и частично чуждой кварцу) (рис.6).

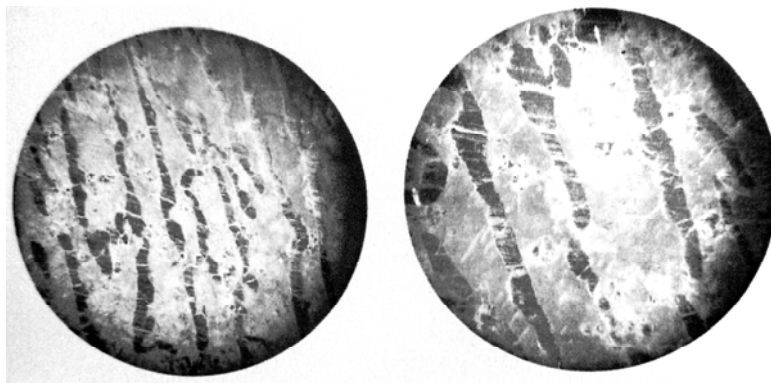


Рис. 4. Червеобразные полосы кварца в периферических сростках микроклина

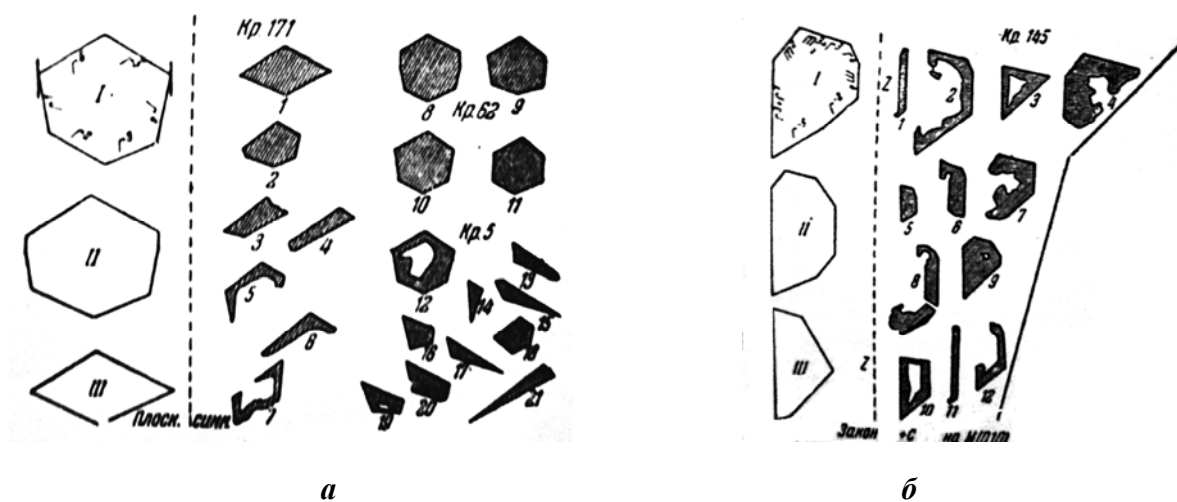


Рис. 5. Форма иероглифов кварца при срастании на на плоскости полевого шпата а) по закону Розе; б) по закону + С (на М (010) полевого шпата).



Рис. 6. Ихтиоглипты с комбинированной огранкой в письменных пегматитах с неясно-графической структурой

Экспериментальные исследования эвтектических систем дают возможность понять многие вопросы роста минералов, в том числе и эвтектические срастания. Однако многофакторность пегматитовых систем (агрегатное состояние и состав

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., Metallургия, 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