

Е.Г. Сушук

Институт геохимии окружающей среды НАН и МЧС Украины

ЗАКОНОМЕРНОСТИ УРАНОНАКОПЛЕНИЯ В ХОДЕ ЛИТОГЕНЕЗА БАЗАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РАННЕГО МЕЛА НА ЮЖНОМ СКЛОНЕ УКРАИНСКОГО ЩИТА

Миграция и концентрация урана в базальной терригенной толще раннего мела на южном склоне Украинского щита закономерно связаны со стадиями литогенеза осадочного чехла. В период седиментогенеза накопились устойчивые к выветриванию минералы, содержащие уран и торий. Формирование рудных концентраций происходило из грунтовых вод с относительно невысоким содержанием урана на сульфидно-глеевых геохимических барьерах в процессах позднего диагенеза и эпигенеза. Эпигенетические преобразования способствовали осаждению урана также из седиментационных вод благодаря сочетанию процессов сорбции и восстановления.

В истории развития Украинского щита, как и всей Восточно-Европейской платформы, в конце киммерийской и начале альпийской эпох выделяются два тектоно-седиментационных цикла — юрский и меловой — с последовательными стадиями эволюции трансгрессивно-регрессивных и континентальных режимов и соответствующими комплексами фаций. При этом главным поставщиком материала в мезозойскую эпоху были породы докембрийского фундамента. Что касается рудообразующих компонентов, участвовавших в процессах осадочной минерализации на территории УЩ и его склонов, то они связаны с верхней частью земной коры, где они вовлекались главным образом в экзогенную миграцию. Это подтверждают комплексные изотопные исследования, проведенные рядом учёных [5].

На южном склоне Украинского щита наиболее древними фанерозойскими образованиями являются отложения нижнего мела, представленные комплексами континентальных фаций неокома-апта мощностью до 70–80 м. Они заполняют пологие протяженные палеодолины в кристаллическом фундаменте, зачастую отсутствуя на водоразделах; перекрываются морскими отложениями альба (комплекс органогенно-кремнистых пород, глауконитовых песков и песчаников), турона (известковистые песчаники, глины, мергели, мел), палеогена (глауконитовые и известковые песчаники, пески, глины с прослоями известняков) и неогена (глины с прослоями известняков). Общая мощность мезокайнозойских отложений составляет 300–400 м.

В континентальных отложениях нижнего мела на южном склоне УЩ известны Новоодесское, Висуньское и Молочанское рудопроявления урана и ряд аномальных точек с повышенными содержаниями урана и тория, расположенные в древних долинах на поверхности кристаллического щита [1]. Древние долины, прорезающие поверхность докембрийского фундамента, сформировались в грабен-впадинах, вытянутых с севера на юг, в сторону морского бассейна, существовавшего в аптский век (Врадиевская, Ново-Одесская, Ингулецкая, Белозерская, Молочанская и др.). Долины, несомненно, испытали ряд преобразований со времени заложения, особенно в периоды тектонической активности, но в целом в течение мезозоя общий рисунок гидросети сохранялся. Они прошли до пяти стадий развития, отражавших разнонаправленные блоковые движения фундамента.

Роль долин в формировании металлогенических особенностей фанерозойских осадочных формаций на южном склоне УЩ исключительно велика. Это и пространственно ориентированные и локализованные потоки поверхностного и подземного стока, дренировавшие конкретный участок области питания с присущими ему геохимическими и металлогеническими чертами; и пути миграции разнообразных форм хемогенной, терригенной, органогенной, в том числе рудной компоненты; и поле дифференциации этих составляющих; и участки возникновения и развития физических и разнотипных

геохимических барьеров; и резервуары для осадконакопления и рудообразования на ранних и поздних стадиях литогенеза; и пути кратковременных, пульсирующего типа ингрессий, а также транзита моря на начальных стадиях трансгрессии.

Основной принцип экзогенного уранового рудообразования — сопряженность рудного процесса со стадиями литогенеза вмещающих пород. При этом для осадочных сингенетических и эпигенетических рудных месторождений характерна конвергенция признаков, в силу чего задача реконструкции их генезиса значительно усложняется и требует не только изучения морфологии и состава оруденения, но и литолого-геохимического и фациально-стадиального исследования самих рудовмещающих осадочных толщ. Поэтому нами изучены закономерности накопления и перераспределения радиоактивных элементов на разных стадиях литогенеза терригенной толщи раннего мела [6].

Литолого-фациальная характеристика нижнемеловых отложений. Слабая палинологическая характеристика нижнемеловых толщ, сложное литолого-фациальное строение по латерали и разрезам, миграция разновозрастных фаций в пространстве, отсутствие маркирующих горизонтов затрудняют их расчленение и выявление металлогенетических особенностей. В связи с этим континентальные отложения мела на южном склоне УЩ разделяются преимущественно по литологическим признакам. В.Х. Геворкян [1] в основании нижнего мела выделяет глинисто-каолиновый бокситоносный комплекс неоком-апта, который отличается повышенной ураноносностью. Он перекрывается песчано-глинистым прибрежно-морским комплексом апта и далее вверх по разрезу морскими отложениями верхнего мела, палеогена и неогена.

Ураноносные отложения нижнего мела, залегающие на коре фундамента, разделены нами по литологическим, минералого-геохимическим и радиогеохимическим свойствам на две пачки. В основании нижней пачки, отвечающей глинисто-каолиновому бокситоносному комплексу, залегают горизонт «незрелых» пород, представленных каолинами запесоченными, щебнистыми с прослоями чистых каолинов, красных и пёстрых каолиновых глин и бокситов. По сути это — делювий, перемещённая (аллохтонная) кора выветривания. В ней встречаются обломки углефицированной растительности, ходы червей и прослой древней почвы с вертикально расположенными углефицированными корнями растений. В направлении от домеловых поднятий фундамента к осевым частям палеодолин наблюдается фациальное замещение аллохтонной коры выветривания каолинистыми хлидолитами и песчаниками.

Выше аллохтонной коры выветривания в пределах нижней пачки залегают древние почвы (хлидолиты с вертикально расположенными углефицированными корнями растений), пролювиальные песчаники, реже — пески. В направлении от древних поднятий к осевым частям палеодолин весь этот комплекс отложений также замещается хлидолитами. С запада на восток на протяжении 500 км вдоль склона щита среди этих отложений увеличивается количество веерно-отстойных образований, представленных вторичными каолинами, каолиновыми глинами, алевролитами с прослоями бурых углей мощностью от нескольких до 20–30 см. То есть, осадконакопление происходило в условиях слабо расчленённого побережья с заболоченной, часто затоплявшейся морем сетью широких балок.

Верхняя пачка, отвечающая прибрежно-морскому комплексу апта, по В.Х. Геворкяну, по литологическому составу и фациальным условиям осадконакопления в целом отличается от нижней. На западе региона в верхней пачке преобладают чёрные мелко- и тонкозернистые пески, которые хорошо отсортированы, содержат прослой чёрных глин, иногда с углефицированными обломками тростника. Фациально пески и песчаники замещаются хлидолитоподобными глинами. В средней части склона количество чёрных песков уменьшается, а ещё далее на восток они сменяются толщей переслаивания песчаников и глин, часто с отпечатками корней растений и обломками углефицированной древесины. Присутствие в верхней пачке глауконита говорит о том, что отложения накапливались в основном в мелководно-морских, прибрежно-морских, лиманных, озёрно-лагунных условиях, хотя в низах её изредка встречаются аллювиально-пролювиальные пески и гравелиты временных русел.

В неоком-аптских отложениях по содержанию железа и соотношению его минеральных форм нами выделено несколько минералого-геохимических типов пород: глауконит-ильменитовый, глауконит-пиритовый и гидрогематитовый. Они различаются по общему содержанию железа, по соотношению его обломочных и растворимых форм, в том числе Fe^{3+} окисного, Fe^{2+} карбонатно-хлоритного и Fe^{2+} пиритного, а также по содержанию $C_{орг.}$ и CO_2 . Эти показатели свидетельствуют как об условиях осадконакопления, так и последующих процессах диагенеза [4].

Глауконит-ильменитовый тип пород отличается низким валовым содержанием железа (до 0,5%), преобладанием обломочных форм и низким содержанием растворимых форм железа двух- и трёхвалентного при относительно высоком содержании органического углерода. Это может указывать на формирование пород за счёт переотложения продуктов каолинит-гидрослюдистой зоны коры выветривания, из которой были вынесены растворимые формы железа и сохранились только обломочные (ильменит, гематит и др.).

Глауконит-пиритовый тип пород (обычно серого, реже — белого цвета) содержит значительные количества железа двухвалентного растворимого (глауконит, гидробиотит, реже хлорит и сидерит) и железа двухвалентного пиритного (пирит, реже марказит) примерно в равных количествах, при $C_{орг.} > 1\%$. С увеличением содержания $Fe^{2+}_{карб.+хлорит.}$ и $Fe^{2+}_{пирит.}$, то есть степени восстановленности пород, в них возрастает содержание урана.

Гидрогематитовый тип пород (красноцветный) характеризуется высоким содержанием общего железа (6–8%), с преобладанием окисной формы Fe^{3+} . Содержание обломочной формы железа также повышено по сравнению с другими минералого-геохимическими типами пород, что связано с низкой растворимостью гидрогематита и фиксацией части содержащегося в нём железа в обломочной форме. Количество органического углерода и CO_2 малое. Эти отложения, типичные для гумидного климата, формировались за счёт переотложения продуктов зоны полуторных окислов коры выветривания.

Радиогеохимическая характеристика. Мигматиты кристаллического фундамента на всём протяжении южного склона УЩ характеризуются приблизительно одинаковыми содержаниями урана (около $4 \cdot 10^{-4}\%$), но различными содержаниями тория. Торием обогащены кристаллические породы в западной части склона (около $40 \cdot 10^{-4}\%$ по сравнению с $10–12 \cdot 10^{-4}\%$ в средней и восточной частях).

Кора выветривания характеризуется более разнообразными содержаниями урана и тория на территории южного склона. Наблюдается обогащение этими элементами почти вдвое автохтонной (в среднем $9,5 \cdot 10^{-4}\%$) и ещё в большей степени аллохтонной (в среднем $16,7 \cdot 10^{-4}\%$) коры в западной части склона и резкое возрастание содержания тория в аллохтонной коре ($48,7 \cdot 10^{-4}\%$) в средней части склона. Увеличение содержания урана в аллохтонной коре выветривания говорит о его привносе в процессе транспортировки, осадконакопления или диагенеза. В то же время наблюдается вынос урана и тория из коры выветривания на некоторых участках средней и восточной частей склона УЩ.

В отложениях нижнего мела среднее содержание урана составляет $15,5 \cdot 10^{-4}\%$, уменьшаясь с запада на восток на протяжении 500 км от Новоодесской грабен-впадины до Молочанской. Эта тенденция сохраняется как для нижней и верхней пачек мела в целом, так и для отдельных литологических и фациальных разновидностей пород. Отложения нижней (базальной) пачки значительно обогащены ураном и торием по сравнению с отложениями верхней пачки. Среднее содержание урана в нижней пачке составляет $22,8 \cdot 10^{-4}\%$, в верхней — $8,6 \cdot 10^{-4}\%$; содержание тория в нижней пачке — $37,7 \cdot 10^{-4}\%$, в верхней — $12,8 \cdot 10^{-4}\%$.

В нижней пачке наиболее обогащены ураном каолиновые глины, примерно в 2–2,5 раза по сравнению с древними почвами и в 3 раза по сравнению с пролювиальными песчаниками (до $43,9 \pm 17,7 \cdot 10^{-4}\%$). Эта тенденция, при различных средних содержаниях урана в каолиновых глинах, прослеживается на всём протяжении южного склона УЩ. Одновременно с ураном глины обогащены торием, хотя и в меньшей степени. По-видимому, наряду с присутствием уран- и торийсодержащих минералов, оба элемента находятся в сорбированной форме в каолините.

Среди пород верхней пачки наиболее обогащены ураном и торием пески и песчаники пролювиального и прибрежно-морского генезиса (конусы выноса в море) — $15,5 \cdot 10^{-4}\%$ U и $25,0 \cdot 10^{-4}\%$ Th. Несколько ниже содержания урана и тория в озёрных и лиманных чёрных глинах и заметно более низкими средними содержаниями урана и тория отличаются лиманные чёрные и белые кварцевые пески — $7,0-5,5 \cdot 10^{-4}\%$. В целом в разрезе апта заметна приуроченность более высоких содержаний урана к породам, содержащим большее количество каолинита.

В морских отложениях мела, перекрывающих толщу апта, отмечается уменьшение содержаний урана и тория от терригенных пород альба к кремнистым породам сеномана и далее — к карбонатным породам турона (от 3,3 до $1,2 \cdot 10^{-4}\%$ U и от 10,6 до $2,8 \cdot 10^{-4}\%$ Th) [6].

Характеристика оруденения. Прослой пород, обогащённые ураном до 0,005–0,02%, образуют пластовые «рудные» тела незначительной мощности и протяженности в аллохтонной коре выветривания (каолинах песчаных, кварцевых песчаниках на каолиновом цементе, вторичных каолинах) либо в древних почвах, хлидолитах и пролювиальных песчаниках, обычно сильно каолинистых, обогащённых углефицированным растительным детритом и, как правило, пиритизированных. Наиболее высокие концентрации урана (и тория) приурочены к подножиям древних поднятий фундамента и к верховьям палеодолин, уменьшаясь в направлении осевых частей последних.

Минералого-петрографическое изучение уранового оруденения показало, что уран содержится в следующих формах:

- а) в окислах (преимущественно черни, реже настуран);
- б) в сорбированном виде в каолините и углефицированной органике;
- г) в обломочных минералах — урансодержащих цирконе, ортите, монаците, ксенотиме, цоизите, лейкоксене;
- д) в пирите.

Баланс урана в рудных пробах показал, что в углистых алевролитах и песчаниках с пиритизированным и углефицированным растительным детритом 10–20% общего количества урана в породе приходится на тяжелую фракцию. До 80% урана от общего его количества в породе в ряде случаев содержится в каолиновом цементе в сорбированном виде (равномерно рассеянные треки на микрорадиографиях), а также в углефицированном растительном детрите — корнях, обломках древесины, углях.

Раздельное определение урана в углефицированной древесине, корнях и углях показало, что наиболее обогащены ураном углефицированные корни (до 51,0 г/т). В древесине содержание урана около 24,4 г/т, а в углях — 14,0 г/т. Максимальная концентрация урана установлена в чёрном углеродистом веществе из рудной пробы — 150 г/т. При этом, как показало определение общего и подвижного урана, значительная часть урана, приуроченного к органическому веществу, находится в подвижной форме, т.е. представлена, очевидно, окислами. Углефицированные растительные остатки содержат также повышенные содержания Cr, V, Zr, Ba, Pb, Zn, Cu, Ni. Зола углей и углефицированных корней на Новоодесском рудопроявлении содержит 300–400 г/т меди. Содержание урана в пирите — 1,7–3,3 г/т, причём подвижный уран составляет только около 30% от общего количества, связанного с пиритом. В пирите, который замещает углефицированные корни, в некоторых случаях установлено 400–500 г/т свинца — в 15–20 раз больше, чем в пирите, образующем стяжения [6].

Урановые и урансодержащие минералы устанавливаются в тяжелой фракции шлихов. Окислы урана образуют мелкие зёрна неправильной формы чёрного цвета. Урановая чернь встречается также в гнёздах червеобразных кристаллов каолинита, образовавшихся при перекристаллизации каолинового цемента, совместно с новообразованными сидеритом, пиритом и марказитом. Урансодержащий циркон присутствует в виде призматических и дипирамидальных кристаллов молочно-белого и бурого цвета, метамиктный. Основную часть тяжелых фракций составляют пирит, циркон и турмалин. В количестве 5–10% или редких зёрен присутствуют монацит, ксенотим, ортит, цоизит, эпидот, рутил, анатаз, лейкоксен, ильменит, гранат, глауконит, сидерит.

Стадии литогенеза и уранонакопление.

Седиментогенез. Осадконакопление происходило в зоне слабо расчленённого прибрежья, которое то заливалось морем, то освобождалось от него, т.е. чередовались субаквальные и субаэральные условия седиментогенеза. Близкая область сноса продуктов каолиновой коры выветривания и перенос кластического материала водными потоками обусловили накопление устойчивых к выветриванию минералов и среди них уран-торийсодержащих циркона, ортита, цоизита. Кроме того, миграция урана из областей сноса осуществлялась, вероятно, в растворах и взвешях, в частности, в сорбированном виде на каолините. Повышенные концентрации в каолините не только урана, но и тория позволяют предположить также сорбцию последнего и перенос на каолините.

Повышенные концентрации радиоактивных элементов тяготеют к нижней части отложений неоком-апта, располагаясь в аллохтонной коре выветривания (запесоченные каолины, кварцевые песчаники на каолиновом цементе, вторичные каолины), либо в прослоях каолинистых пород среди древних почв, пролювиальных песчаников и хлидолитов. Как уже указывалось выше, наиболее высокие содержания тяготеют к подножиям древних поднятий фундамента. В направлении осевых частей палеодолин содержания урана и тория уменьшаются. Постоянная пространственная связь урана и тория, их общее тяготение к склонам палеоподнятий свидетельствуют о россыпном (делювиальном, коллювиальном, пролювиальном) происхождении значительной части их концентраций, а также о довольно близком расположении источников сноса. На это же указывают плохая сортированность осадочных пород, их «мусорный» характер, преобладание обломочных минералов железа, широкое распространение уран-торий-содержащего циркона.

Диagenез. Особенностью литогенеза отложений неоком-апта, особенно его нижней пачки, является чередование морского субаквального диагенеза с его восстановительной средой и континентального субаэрального (экзодиагенеза) с привносом урана грунтовыми водами. При этом и заведомо морские отложения (с глауконитом), и континентальные (с корнями растений) относятся к пиритовому минералого-геохимическому типу, что говорит о насыщении континентальных отложений морскими сульфатными водами, диагенетической сульфатредукции и пиритообразовании.

Геохимическая обстановка экзодиагенеза характеризовалась окислительными условиями. Об этом свидетельствуют пустоты выщелачивания и «сторевавшая» органика в древних почвах, а также степень окисленности углефицированного детрита ($CO = +0,005 \div 0,017$, по определению В.А. Успенского) [2]. Иногда наблюдается развитие гидроокислов железа вблизи обломков углефицированной растительности. Однако в большинстве случаев в растительный детрит и углефицированные корни сохраняют свою форму, структуру и чёрную окраску, что говорит о высоком стоянии грунтовых вод и постоянной тенденции к погружению склона.

Восстановительные периоды диагенеза отложений апта характеризовались специфическими условиями: во-первых, слабокислой средой и большим количеством сорбента (каолинита), во-вторых, глеевой, а местами и сероводородной обстановкой и довольно высоким содержанием органического углерода. Экспериментально доказано, что в сероводородной слабокислой среде в присутствии сорбента уран осаждается почти полностью — до аналитического нуля, причём состав сорбента в данном случае роли не играет. Вероятно, причиной является сочетание сорбции и окислительно-восстановительного процесса. Сорбционное сгущение урана в плёночной воде на контакте с твёрдой фазой должно повышать Eh восстановления, расширяя тем самым возможность выпадения его минеральной (оксидной) формы, что наблюдается в опытах и при изучении природных объектов. Это обстоятельство, трудно учитываемое теоретическими расчётами, играет существенную роль в экзогенных процессах осаждения урана [2].

Исходя из экспериментальных данных о накоплении урана в осадках, можно условно выделить две фазы: а) сорбционное извлечение урана из разбавленного раствора (фиксация) и б) восстановление с образованием свободной оксидной формы [3].

В восстановительные периоды диагенеза наряду с осаждением и сорбцией урана происходит восстановление железа с образованием пирита, сидерита, железистых

гидрослюды. За счёт восстановительных седиментационных вод, заключённых в толще апта, происходит обеление красноцветных осадков (аллохтонной коры, глин, песчаников), послойное или в виде пятен, и перераспределение железа. Сидерит образует мелкие округлые выделения размером 1–2 мм, кристаллические агрегаты и отдельные кристаллы (плоские ромбоэдры). Пирит, помимо обычной тонкой вкрапленности, иногда образует крупные (до 5–6 см) желваки или замещает бобовины гидроокислов железа в обелённых участках бокситоподобных глин остаточной коры выветривания.

В процессе восстановления продуктов аллохтонной коры выветривания седиментационными водами происходит миграция органического вещества в виде гуминовых и фульвиокислот и образование чёрного углеродистого вещества в виде мелких (до 1 мм) вкрапленников, иногда замещаемых пиритом. В цементе песчаников в ассоциации с пиритом и марказитом наблюдаются мелкие (доли мм) редкие вкрапленники окислов урана [6].

Катагенез. Граница между поздним диагенезом и катагенезом для отложений неокома южного склона УЩ является весьма условной. В результате погружения отложений на протяжении позднего мела, среднего и позднего палеогена, раннего неогена породы неокома испытали только слабую литификацию, которая не зашла далеко в связи с малыми глубинами (300–400 м) их залегания от поверхности. Не подвергались отложения нижнего мела и регрессивному эпигенезу, так как они перекрыты водоупорными толщами отложений верхнего мела и палеогена. По-видимому, изменения пород неокома на стадии катагенеза связаны, в основном, с движениями седиментационных вод и трещинных вод фундамента по мелким разрывным нарушениям, возникающим в процессе тектонических движений в периоды активизаций. Обычно такие нарушения отмечаются в виде трещин со следами скольжения в коре выветривания и в отложениях мела (преимущественно глинистых) на границе между поднятиями и впадинами фундамента.

В участках трещиноватости отмечается перекристаллизация породобразующего каолинита, образование гнёзд его червеобразных кристаллов, между которыми устанавливаются урановые черни. В данном случае, вероятно, происходит самоочистка каолинита при его кристаллизации. Здесь же отмечаются скопления новообразованного сидерита, вкрапленники и сплошные выделения кристаллического пирита. В редких случаях в ассоциации с пиритом наблюдаются мелкие выделения настурана, что говорит о непосредственном осаждении урана из концентрированных на отдельных участках седиментационных растворов.

Возраст урановой минерализации, определённый В.А. Анисимовым изотопно-спектральным методом, составил в среднем 120 ± 10 млн. лет [1], что совпадает с возрастом вмещающих пород, подтверждает её осадочное происхождение и образование на ранних стадиях литогенеза. Как уже указывалось выше, особенностью осадочной толщи неокома было чередование морского субаквального диагенеза с его восстановительной средой и континентального экзодиагенеза с привнесением урана в грунтовых водах. В периоды привноса уран попадал в осадок, характеризующийся слабокислой средой, большим количеством сорбента (преимущественно каолинита), восстановительной глеевой, а местами и сероводородной обстановкой и довольно высоким содержанием органического вещества. Эти условия, обеспечившие сочетание сорбции и восстановления, привели к накоплению урана даже из относительно бедных им грунтовых вод гумидноклиматической зоны. Локализация урановых проявлений на ранних стадиях литогенеза подтверждается также расположением их на склонах и верховьях долин и тесной связью с областями сноса.

Выводы

- Детальное изучение урановых проявлений в континентальных отложениях раннего мела на южном склоне Украинского щита показало сопряженность рудного процесса со стадиями литогенеза вмещающих пород.
- Общей чертой процессов, определяющих поведение урана в осадочной толще сероцветных меловых пород, является сульфидно-глеевый характер позднего диагенеза и эпигенеза, протекавших в мезозойскую гумидно-климатическую эпоху.

- Накоплению урана из относительно бедных им грунтовых вод способствовал состав пород, обеспечивший возникновение геохимических барьеров и сочетание сорбции и восстановления.

- Сопряженность рудного процесса со стадиями литогенеза вмещающих пород подтверждается расположением рудопоявлений на склонах и в верховьях палеодолин, тесной связью с областями сноса, вещественным составом оруденения и возрастом урановой минерализации.

1. Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины. — Киев: Наукова думка. 1995. — 396 с.
2. Данчев В.И., Лепкий С.Д., Сушук Е.Г., Шевченко О.Е., Шумлянский В.А. Вопросы теории экзогенного уранового рудообразования. — Препринт ИГФМ АН УССР. — Киев. 1984. — 53 с.
3. Расулова С.Д., Коченов А.В. Экспериментальное изучение механизма осаждения урана в процессе осадкообразования./ Радиоактивные элементы в геологических процессах: Тез. докл. — Душанбе: АН Тадж. ССР, 1975. — С. 161–162.
4. Страхов Н.М., Залманзон Э.Г. Распределение аутигенно-минералогических форм железа в осадочных породах и его значение для литологии.// Известия АН СССР, серия геол. — 1955. № 1. — с. 34–51.
5. Шевченко О.Е. Рудообразование ранних стадий литогенеза. — Киев: Наук.думка. 1987. — 143 с.
6. Шумлянский В.А., Сергеев И.П., Сушук Е.Г., Мельниченко Б.Ф. Радиоактивные элементы в процессах мезозойского осадконакопления и эпигенеза осадочных толщ. — Препринт ИГФМ АН УССР. — Киев. 1981. — 49 с.

Сушук К.Г. ЗАКОНОМІРНОСТІ УРАНОНАКОПИЧЕННЯ В ХОДІ ЛІТОГЕНЕЗУ БАЗАЛЬНИХ ВІДКЛАДЕНЬ РАННЬОЇ КРЕЙДИ НА ПІВДЕННОМУ СХІЛІ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА.

Міграція та концентрація урану в базальній теригенній товщі ранньої крейди на південному схилі Українського щита закономірно пов'язані зі стадіями літогенезу осадового чохла. В період седиментогенезу накопились стійкі до вивітрювання мінерали, що містять уран і торій. Формування рудних концентрацій відбувалося із ґрунтових вод з відносно невисоким вмістом урану на сульфідно-глеєвих геохімічних бар'єрах в процесах пізнього діагенезу та епігенезу. Епігенетичні перетворення сприяли осадженню урана також із седиментогенних вод завдяки поєднанню процесів сорбції та відновлення.

Sushchuk K.G. REGULARITIES OF URANIUM DEPOSITION AT THE PROCESS OF LITHOGENESIS OF EARLY CRETACEOUS BASAL SEDIMENTS ON THE SOUTH SLOPE OF UKRAINIAN SHIELD.

The uranium migration and concentration in the basal terrigenous deposits of Early Cretaceous on the South slope of Ukrainian Shield are regularly connected with the stages of sedimentary cover lithogenesis. At the period of sedimentogenesis the stable to weathering uranium and thorium-containing minerals were accumulated. Ore concentrations formation passed from underground waters with concerning non high content uranium on sulfide-gleeves barriers in the processes of late diagenesis and epigenesis. Epigenetic transformations promoted to the sedimentation of uranium also from sedimentary waters owing to combination of sorbtion and restoration processes.