

Милош Груйич, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, ecology@tsu.tula.ru, Сербия, Белград, Белградский университет

PROBLEMS OF TRANSPORTATION SYSTEMS IN KOLUBARA OPEN PIT COAL MINES

Milos Grujic

In order to supply sufficient quantities of coal for power generation in Serbia it is necessary to provide reliable and efficient operation of all the systems involved. In Kolubara mining basin several conveying systems -with numerous conveyors are currently in operation. This paper presents the general overview of belt conveyors that are presently in use in the Kolubara Open Pit Mines and analyzes some problems that usually occur during operation. Some questions of coal transportation from Kolubara to power plant in Obrenovac and estimation of influence on environment are examined in this paper.

Key words: belt conveyor, coal, transport, electric power station, Serbia, Kolubara

Milos Grujic, Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Chief of a Department, ecology@tsu.tula.ru, Serbia, Belgrade, Belgrade University

УДК 622.775

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА

Г.В. Стась, Мпекко Нсендо Арди

Рассмотрены основные месторождения урана в различных странах. Проведен анализ радиогеохимических карт территории России. Одновременно оценены масштабы мобилизации, переноса и отложения урана в разных тектонических и термодинамических условиях.

Ключевые слова: уран, геохимический анализ, радиоактивность, рудные месторождения.

Средняя концентрация урана в земной коре довольно велика – $3 \cdot 10^{-4}$ %. Это больше, чем, например, серебра (почти в 30 раз) или золота (примерно в 1000 раз). Его всегда довольно много, например, в гранитах – около 25 г на тонну. Немало его и в морской воде – примерно 3,4 мкг/л. В относительно тонком 20-километровом верхнем слое Земли содержится около 10¹⁴ т урана. Однако уран принадлежит к числу рассеянных элементов – лишь малая его часть сконцентрирована в рудных месторождениях с содержанием урана свыше 0,3 % (рис. 1).

Тем не менее, ранняя добыча урана происходила из очень богатых руд. Так, уранит из Конго, использованный США при создании атомного оружия, содержал до 65 % (по массе) чистой двуокиси урана. В настоящее время о таких рудах можно лишь мечтать, и к категории богатых относятся

руды с содержанием урана свыше 0,3 %. Руды с меньшим содержанием считаются бедными. Современным пределом экономической рентабельности целевой добычи урана (при цене до 130 долл. США/кг) считается величина от 0,001 до 0,5 %.

Средняя концентрация урана в земной коре довольно велика – $3 \cdot 10^{-4}$ %. Это значит, что урана на Земле больше, чем серебра, висмута, ртути.

В некоторых распространенных породах и минералах содержание урана значительно выше этой средней величины. Так, в тонне гранита – около 25 г элемента №92. Полная энергия этих 25 г эквивалентна теплосодержанию 125 т каменного угля. Поэтому (а еще потому, что во всем мире наблюдается устойчивая тенденция к использованию все более бедных урановых руд) можно полагать, что со временем гранит станут считать одним из видов минерального топлива.

Всего в относительно тонком, двадцатикилометровом, верхнем слое Земли заключено около 10^{14} т урана. Количество громадное, способное удовлетворить все энергетические потребности человечества на многие тысячелетия. Энергия этого урана оценивается астрономической цифрой – $2,36 \cdot 10^{24}$ кВт·ч. Это в миллионы раз больше, чем могут дать все разведанные и предполагаемые месторождения горючих ископаемых.



Рис. 1. Мировая карта месторождений урана

Разработанные принципы регионального геохимического анализа и составленные на их основе радиогеохимические карты территории России в целом и отдельных ее регионов позволили установить количественные взаимоотношения между основными составляющими геохимического поля земной коры (рис.2): близкларковый геохимический фон (90 % объема U и Th) – специализированные комплексы (-10 %) – рудные концентрации (около 1 %).

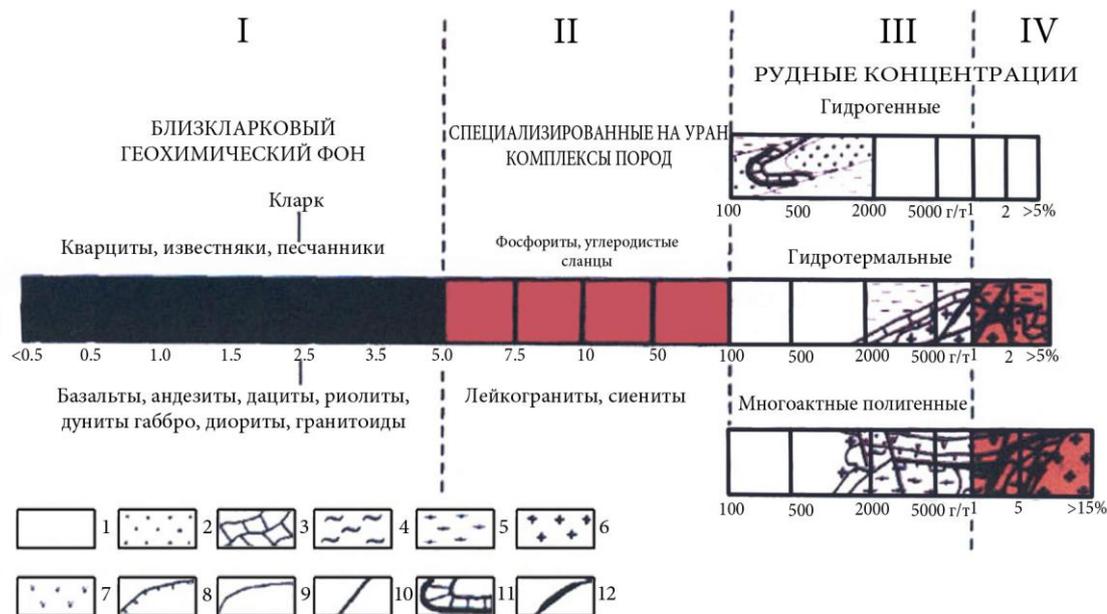


Рис. 2. Мегаблоки с разным уровнем содержания ЕРН и радиоактивности горных пород

Мегаблоки: I, III – с кларковой и повышенной радиоактивностью (закрашены) (I – Западно-Европейский, III – Западно-Сибирский); II, IV (II – Восточно-Европейский, IV – Сибирский).

1-4 – месторождения урана; 1 – гидрогенные ($U \leq 0,02 \dots 0,1 \%$), 2 - гидротермальные ($U \approx 0,05 \dots 0,5 \%$), 3 – полигенные ($U \approx 0,1 \dots 5 \%$), 4 – крупные и уникальные; 5 – границы мегаблоков и их номера; 6 – границы ураново-рудных провинций

Одновременно оценены масштабы мобилизации, переноса и отложения урана в разных тектонических и термодинамических обстановках. Все эти составляющие геохимического поля играют важную роль не только в радиогеохимии и металлогении, но и в радиоэкогеологии, четко фиксируя три уровня накопления радионуклидов и радиации [1, 2, 3].

Первый (близкларковый) уровень отвечает нормальному геохимическому фону, при котором содержание основных ЕРН (U, Th, K) не превышает 2,5 кларка земной коры и, как было показано выше, радиоэкологически наименее опасен.

Второй (повышенный) уровень содержания радионуклидов связан с формированием геохимически специализированных комплексов пород, содержание урана и тория в которых достигает 2,5...10 кларков и выше; он является потенциально опасным (таблица). Над этими достаточно широко распространенными породами отмечаются высокие концентрации радона в воздухе почвы, их использование при строительстве жилых помещений крайне опасно.

Содержание ЕРН в некоторых радиогеохимически специализированных типах горных пород России и их ориентировочная активность

Порода (регион)	Содержание, г/т		Ориентировочная объемная активность 1 кг материала, Бк	
	урана	тория	без учета содержания калия	с учетом содержания калия
Фосфориты	20...120	10...30	300...450	500...750
Диктионемовые сланцы (русская платформа)	150...170	5...10	1900...2050	2200...2950
Углеродисто-кремнистые, углеродисто-глинистые сланцы (Евразийский континент)	30...300	15...35	460...1200	800...1500
Битуминозные аргиллиты баженовской свиты (Западная Сибирь)	23	8	330...350	750...800
Кислые вулканиты (Вост. Саян, Прибайкалье)	17...28	46...73	460...500	1000...1500
Фонолиты (Забайкалье)	20...30	60...90	570...900	1000...1500
Гранитоиды	7...20	30...60	250...800	1000...2000
Нефелиновые сиениты (Кольский полуостров)	10...20	25...50	260...500	700...950

Третий (наиболее высокий и радиологически самый опасный) уровень природной радиоактивности обусловлен развитием локальных наложенных (эпигенетических) процессов преобразования горных пород в результате метаморфизма, гидротермальной деятельности или инфильтрации подземных вод. В таких структурах формируется основная масса урановых месторождений (гидротермальных, гидrogenных и полигенных).

По содержанию урана и, следовательно, по уровню радиоактивности и радиационной опасности все месторождения урана могут быть разбиты на три группы.

1. Месторождения убогих руд с содержанием урана 0,01...0,1 %. Значительная часть таких руд приурочена к гидrogenным (экзогенным) месторождениям в проницаемых осадочных толщах, из которых он легко добывается методом подземного выщелачивания.

2. Месторождения рядовых (иногда богатых) руд с содержанием урана 1 %, преимущественно гидротермального генезиса, чаще всего жильного или штокверкового морфологического типа.

3. Месторождения богатых и исключительно богатых руд с содержанием урана от 1 % и более. Наличие и освоение подобных уникальных по содержанию урана месторождений с точки зрения обеспечения радиационной безопасности представляется наиболее опасным. Анализ радиогеохимических карт территории России показал, что специализированные на уран формации и урановые месторождения тяготеют к пограничным структурам крупным мегаблокам, зоны гранитизации, отдельным рифтам. В этих же структурах наиболее ярко проявлены миграционные процессы переноса радиоактивных элементов.

Подсчитано, что быстрое освобождение энергии урана, заключенного в земной коре, раскалило бы нашу планету до температуры в несколько тысяч градусов. К счастью, урановое тепло в толще Земли выделяется постепенно, по мере того как ядра урана и его дочерних продуктов проходят по длинной цепи радиоактивных превращений. О том, что этот процесс очень медленный, свидетельствуют периоды полураспада природных изотопов урана. Для урана-235 он равен $7 \cdot 10^8$ лет, для урана - 238 – $4,51 \cdot 10^9$.

Как ни медленно выделяется урановое тепло, оно все-таки существенно подогревает Землю. Однако если бы в массе планеты концентрация урана была такой же, как в двадцатикилометровом верхнем слое, то температура Земли была бы намного выше существующей. Эти расчеты, подтвержденные прямыми измерениями (на больших глубинах вулканические породы беднее ураном), показывают, что по мере продвижения к центру Земли концентрация урана падает.

Минералы урана, их известно около 200. Они разные по составу, происхождению и, конечно, далеко не все имеют промышленное значение. Минералы урана делят на первичные, образовавшиеся при формировании земной коры, и вторичные – те, что образовались на более поздних стадиях ее развития под действием тех или иных природных факторов.

Есть минералы урана окислы, есть силикаты, титанаты, тантало-ниобаты и т.д. Из первичных минералов-окислов наиболее известен настуран, он же урановая смолка или смоляная обманка. Обычно этому минералу приписывают формулу U_3O_8 , но в действительности состав настурана переменен, и более точной представляется формула $UO_{2,25}$. Обманкой этот минерал называют за переменчивость цвета: темно-серый, черный, зелено-вато-черный... А смолкой – за то, что его зерна действительно похожи на капли застывшей смолы.

Из вторичных минералов распространен желто-зеленый отэнтит – гидратированный уранилфосфат кальция $Ca(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$.

Не всякую породу, содержащую уран, считают рудой. Основной принцип классификации «руда – не руда» – процентное содержание урана в породе. Сегодня проходной балл 0,1 %, но иногда и в наши дни бывает выгодно извлекать уран из более бедных руд. Критерий здесь – экономи-

ческая целесообразность. В Южной Африке, например, извлекают уран из руд, содержащих всего 0,01 % U. Но наряду с ураном эти руды содержат золото.

Часто урану в минералах сопутствуют другие полезные элементы – титан, тантал, редкие земли. Поэтому естественно стремление к комплексной переработке урансодержащих руд. А поскольку сам уран – элемент рассеянный и основная масса его сосредоточена в породах, содержащих 0,0025 % U и меньше, будущее элемента № 92 связывают с бедными рудами.

Способов выделения урана из руд разработано великое множество. Причина тому, с одной стороны, стратегическая важность элемента № 92, с другой – разнообразие его природных форм. Но как бы ни был метод, каково бы ни было сырье, любое урановое производство включает три стадии: предварительное концентрирование урановой руды, выщелачивание урана и получение достаточно чистых соединений урана осаждением, экстракцией или ионным обменом. Далее, в зависимости от назначения получаемого урана следует обогащение продукта изотопом ^{235}U или сразу же восстановление элементарного урана.

Список литературы

1. Качурин Н.М., Поздеев А.А., Стась Г.В. Выделения радона в атмосферу горных выработок угольных шахт//Известия ТулГУ. Науки о Земле. Вып. 1. 2012. С. 46-56.

2. Аэрогазодинамические процессы на очистных участках шахт и рудников/Н.М. Качурин [и др.]//ИзвестияТулГУ. Науки о Земле. Вып.1. 2013. С.81-91.

3. Качурин Н.М., Поздеев А.А., Стась Г.В. Прогноз выделения радона в горные выработки угольных шахт//Известия ТулГУ. Естественные науки. Вып.1. Ч. 2. 2012. С.133-142.

Стась Галина Викторовна, канд. техн. наук, доц., galina_stas@mail.ru, Россия, Тула, Тульский государственный университет,

Мпеко Нсендо Арди, аспирант, galina_stas@mail.ru, Россия, Тула, Тульский государственный университет

GENERAL CHARACTERISTICS OF URANIUM DEPOSITS

G.V. Stas, Mpeko Nsendo Ardy

Basic uranium deposits in different counties were considered. Analysis of Russian territory radiological-geochemical maps was realized. Scales of mobilization, moving and sedimentation uranium in different tectonic and thermodynamical conditions were evaluated.

Key words: uranium, geochemical analysis, radioactivity, ore deposits.

*Stas Galina Viktorovna, Candidate of Technical Sciences,
Docent, galina_stas@mail.ru, Russia, Tula, Tula State University,*

*Mpeko Nsendo Ardy, Post Graduate student, galina_stas@mail.ru, Russia, Tula,
Tula State University*