

ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ АРМЕНИИ
ЦЕНТР ОХРАНЫ НЕДР

АЛОЯН П.Г.

УРАНОНОСНОСТЬ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ АРМЕНИИ

Серия: Рациональное использование рудного сырья
и эффективное освоение недр Армении



ЕРЕВАН
ГЕОИД
2010

В Библиотеке ЦГН НАН РА.

ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ АРМЕНИИ
ЦЕНТР ОХРАНЫ НЕДР



Стану
1.03.2011г.

АЛОЯН П.Г.

УРАНОНОСНОСТЬ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ АРМЕНИИ

Серия: Рациональное использование рудного сырья
и эффективное освоение недр Армении

Выпуск 11

ЕРЕВАН
ГЕОИД
2010



5701

УДК 553.3/9

ББК 65.04

А 514

Печатается по решению Президиума Инженерной академии
Армении и редакционного совета Центра охраны недр

Р е ц е н з е н т ы : доктор геоло-минералогических наук,
профессор Б.Г. Безирганов;
кандидат геолого-минералогических наук,
доцент О.П. Гуюмджян

Алоян П.Г.

А 514

Ураноносность геологических формаций Армении. Се-
рия: Рациональное использование рудного сырья и эф-
фективное освоение недр Армении / Алоян П.Г.; ИАА;
ЦОН.- Ер.: ГЕОИД, 2010
Выпуск 11.- 185с.

Настоящее издание является первой попыткой обобщения резуль-
татов ранее проведенных геологоразведочных работ на уран, а также но-
вых данных по ураноносности геологических формаций Армении с целью
обоснования необходимости возобновления поисково-разведочных работ
на радиоактивные ресурсы для обеспечения местным сырьем Мецамор-
скую АЭС в долгосрочной перспективе.

Книга рассчитана для широкого круга специалистов, студентов,
научных работников, инвесторов и предпринимателей.

ISBN 978-99941-962-9-6

УДК 553.3/9

ББК 65.04

© Алоян П.Г., 2010

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՃԱՐՏԱՐԱԳԻՏԱԿԱՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
ԸՆԴԵՐՔԻ ՊԱՀՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԿԵՆՏՐՈՆ

ԱԼՈՅԱՆ Պ.Գ.

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ՖՈՐՄԱՑԻԱՆԵՐԻ
ՈՒՐԱՆԱԲԵՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Մատենաշար՝ Հայաստանի հանքային հումքի արդյունավետ
օգտագործում և ընդերքի լիարժեք յուրացում

Երևան, ԳԵՈԻԴ, 2010

ENGINEERING ACADEMY OF ARMENIA
CENTER OF ENTRAIL PROTECTION

ALOYAN P.G.

**URANIUM-BEARING GEOLOGICAL FAORMATIONS
OF ARMENIA**

Ser.: The efficient use and comprehensive subsoil
development of crude ore in Armenia

Yerevan, GEOID, 2010

Մատենաշարի պատասխանատու խմբագիր
ԽՍՀՄ և ՀՀ Պետական մրցանակների դափնեկիր,
երկրաբանական գիտությունների դոկտոր, Հայաստանի
Ճարտարագիտական ակադեմիայի ակադեմիկոս
Պ.Գ. Ալոյան

Հատորի խմբագրական կոլեգիա՝
երկրաբ.գ.դ. Պ.Գ. Ալոյան (գլխավոր խմբագիր),
երկրաբ.-հանք. գ.դ. Հ.Հ. Մարկիսյան,
տեխ.գ.դ. Վ.Ռ. Իսրայելյան, երկրաբ.-հանք. գ.թ. Հ.Պ. Գույումջյան,
երկրաբ.-հանք. գ.թ. Վ.Վ. Թովմասյան,
երկրաբ.գ.թ. Հայկ Պ. Ալոյան (պատասխանատու քարտուղար)

Ответственный редактор серии
лауреат Госпремий СССР и РА, доктор геологических наук,
академик Инженерной академии Армении
П.Г. Алоян

Редакционная коллегия тома:
доктор геол.н. П.Г. Алоян (главный редактор),
доктор геол.-мин.н. О.А. Саркисян,
доктор тех.н. В.Р. Израелян, канд. геол.-мин.н. О.П. Гуюмджян,
канд. геол.-мин.н. В.В. Товмасян,
канд. геол.н. Гайк П. Алоян (ответственный секретарь).

Responsible editor of series
USSR and RA State Prizes Winner, doctor of geological sciences
academician of the Engineering Academy of Armenia
P.G. Aloyan

Editorial board of volume:
doctor of geol. s. (editor-in-chief) P.G. Aloyan,
doctor of geol.-mineral. s. H.H. Sarkisyan,
doctor of tech. s. V.R. Israelyan, Ph. of geol.-mineral. s. H.P.
Ghuyumjyan, Ph. of geol.-mineral. s. V.V. Tovmasyan,
Ph. of geol. s. Hayk P. Aloyan (responsible secretary).

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время экологические организации республики выступают как против проведения поисково-разведочных работ на уран, так и добычи урановых руд, мотивируя это якобы резким нарушением экосистемы и ограниченностью территории республики. К тому же в их выступлениях чувствуется единый штамп и одна и та же стандартная мотивация в отношении как медных, молибденовых, так и урановых и других месторождений, расположенных в совершенно различных географо-экологических условиях. Экологические организации республики, выступая против расширения сырьевой базы горнорудных предприятий и ресурсного потенциала рудного сырья, должны сознавать, что это специальная отрасль, здесь обыкновенные экологические знания недостаточны, здесь нужны специалисты-экологи, которые не только информированы, но и разбираются в тонкостях новейших технологий и в современных системах природоохранных мероприятий горнорудной промышленности. Специалисты-экологи не только должны поднимать проблемы, но также давать их решения, в противном случае страна могут загнать в тупик.

Не вдаваясь в подробности этой неуместной и несвоевременной “митинговщины”, отметим, что пока на госбалансе Армении не числится ни одного грамма урана или других радиоактивных элементов. Нет даже достоверных прогнозных оценок радиоактивного потенциала республики. **Есть в республике промышленный уран или его нет? Этого пока никто не знает!**

На современном этапе развития человечества нет альтернативы атомной энергетике, которая не только определяет экономику и политику ведущих стран мира, но и развивает энергетическую стратегию мирового сообщества. Ядерная энергетика не выжигает кислород, не создает парникового эффекта и выбрасывает в атмосферу значительно меньше радиоактивных и других вредных для здоровья человека веществ (золу, оксиды серы, азот, ванадий, углерод, альдегиды и др.), чем любая другая энергетика. Исследования международных авторитетных организаций свидетельствует о том,

что проживание вблизи ТЭС, работающих на органическом топливе, в 40 раз опаснее проживания вблизи АЭС. С другой стороны, уточнение перспективности геологических формаций Армении на радиоактивные элементы имеет в настоящее время стратегическое и политическое значение. Принципиальное значение приобретает снабжение сырьем действующей ныне Мецморской и тем более проектируемой атомной электростанций (электрблока), так как в России, снабжающей их топливом, чувствуется острый дефицит в этом сырье – при потребности 8 тыс. т урана в год обеспеченность составляет всего 3 тыс. т (Приаргунское объединение), то есть равна 37,5%. Мы обязаны сами обеспечить местным сырьем нашу атомную станцию, никто за нас об этом не позаботится, причем это нам обходится весьма дорого, и, во-вторых, отходы ядерной энергетики мы должны хоронить у себя, а не в какой-то другой стране. Поэтому необходимо проведение поисково-разведочных работ для правильного представления перспектив возможных прогнозных ресурсов с последующим проведением детальных геологоразведочных работ на первоочередных объектах с геолого-экономической оценкой сырьевой базы и подсчетом запасов уранового сырья. Все эти данные должны быть обобщены и представлены на утверждение ГКЗ РА и взяты на госбаланс. Проведение этих работ регламентировано и в современных условиях безвредно для здоровья геологов-исследователей и проживающего вблизи населения. И только после этого может быть поднят вопрос о возможной добыче (совместно с РФ) ураносодержащих руд. Это в лучшем случае продлится 5-10 лет, а может, и десятки лет. Вот тогда и возникнет необходимость экологической и природоохранной экспертизы и общественного обсуждения. Как говорят в народе “զնրը չտնիւիժ ՚ի րըրիւցիը” (не зная броду, не лезут в воду).

Все эти “экологические” выступления сегодня выгодны тем зарубежным организациям, которые с геополитических позиций не хотят видеть сильную с мощными энергетическими и сырьевыми ресурсами, а также развитой промышленностью Армению, а местные “экологические” организации “льют воду на их мельницу”.

Таким образом, оценка ресурсов радиоактивного сырья в независимой Армении – императив времени, который диктуется не только необходимостью обеспечения потребностей атомной энергетики, одновременно способствуя развитию военной промышленности и гарантии безопасности страны, но и развития новых отраслей технологии, науки и производства.

Глава I. ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ УРАНА В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Уран – белый металл плотностью $18,3\text{г/см}^3$, плавящийся при $t=1133^\circ\text{C}$.

Порядковый номер урана в Периодической системе Менделеева 92, атомный вес 238,07. Это самый тяжелый химический элемент земной коры. Металл достаточно активен – при слабом нагревании он загорается в присутствии воздуха.

В природе встречаются три изотопа урана: ^{238}U , ^{235}U и ^{234}U . Он легко соединяется с серой и галогенами, вытесняет водород из разбавленных кислот с образованием солей четырехвалентного урана, а в очень измельченном виде вытесняет водород из воды. Уран-238 и уран-235 являются родоначальниками двух радиоактивных рядов:



В геологии соотношение этих изотопов используется для определения модельного возраста урановых руд. От ультраосновных пород к средним и кислым горным породам наблюдается закономерное увеличение урана при содержаниях соответственно 0,5; 1,8; $3,5 \cdot 10^{-4}\%$.

Уран относится к элементам переменной валентности: от U^{3+} до U^{+6} . В природных условиях ионы U^{3+} и U^{+5} не устойчивы, причем первый отмечается высокой восстановительной активностью и переходит в стабильную форму U^{4+} , а второй достоверно известен лишь в искусственных соединениях. Ионы U^{4+} и U^{+6} имеют восьмиелектронную структуру внешней оболочки и обладают литофильными свойствами, близким сродством с кислородом и встречаются в природе в виде оксидов или солей кислородных кислот. Соединения U^{4+} слабо растворимы, а шестивалентный уран (U^{+6}) образует устойчивый в природных условиях комплексный катион урановой группы $(\text{UO}_2)^{2+}$, что обеспечивает возможность его водной миграции.

В геологических процессах валентность урана имеет важное значение и во многом зависит от окислительно-восстановительного потенциала (Eh) и кислотности-щелочности среды (pH).

Уран по-разному ведет себя в эндогенных и экзогенных процессах.

Распространенность урана в магматических породах определяется прежде всего их химическим составом. Повышенные концентрации урана встречаются в щелочных и ультращелочных породах – сиенитах и лопаритовых луявритах – $(10-80) \cdot 10^{-4}\%$. Уран вместе с торием изоморфно входит в состав сложных силикатов и титанатов (эвдиалит, лопарит, ферсманит и др.). Среднее содержание урана в кислых породах составляет $(3-4) \cdot 10^{-4}\%$.

Часто уран концентрируется в горной породе как примесь в аксессуарных минералах (циркон, ортит, монацит, сфен, апатит и др.), так и в форме “подвижного” урана в микровключениях и межзерновых швах.

На поздней стадии кристаллизации гранитной магмы уран переносится и отлагается гидротермами в зонах повышенной проницаемости горных пород. Считается, что перенос урана возможен в гидротермальных растворах с высокой концентрацией углекислоты – до нескольких десятков граммов на 1л воды, поэтому в природе наиболее распространена ассоциация урановых минералов с карбонатами. Довольно часто настуран ассоциирует также с кварцем и флюоритом, что подтверждает присутствие в растворах кремния и фтора.

Наиболее приемлемой является концепция о переносе урана в форме уранила $(\text{UO}_2)^{2+}$ в виде уранил-карбонатных комплексов $[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_2(\text{H}_2\text{O})_2]^{2-}$ или $[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]^{4-}$.

В мегазоне гипергенеза, в окислительной обстановке, четырехвалентный уран переходит в легкорастворимый шестивалентный ион уранила $(\text{UO}_2)^{2+}$ и мигрирует на значительные расстояния, что обеспечивается обогащенными кислородом поверхностными водами в соответствующих физико-химических параметрах pH и Eh.

Осаждение урана в зоне (мегазоне) гипергенеза происходит на геохимических барьерах: восстановительных, восстановительно-

сорбционных, нейтрализационных (кислотно-щелочных). В отдельных случаях выделяют и галлиевые барьеры (восстановление без H_2S).

Уран сорбируется органическим веществом (торфом, гумусом, разлагающимися животными и органическими остатками), углеводородами, фосфатами, глауконитом, глинами, гидрооксидами железа и другими поверхностными продуктами, создавая основу для седиментогенного рудообразования.

В процессе пластовой фильтрации урансодержащих вод на восстановительных барьерах формируются крупные урановые залежи, приуроченные к зонам пластового окисления с четко выраженной окислительно-восстановительной зональностью.

Многолетние научные исследования показывают, что отмечается уменьшение содержания урана с увеличением степени метаморфизма, что обусловлено постепенным выносом урана при нарастании метаморфизма.

В природе известно более ста урановых и урансодержащих минералов. Минералы урана делятся на две группы:

1. Собственные минералы урана;
2. Урансодержащие минералы.

Наибольшее практическое значение имеют следующие минералы урана: уранинит, настуран (урановая смолка), браннерит, урановая чернь, коффинит, отенит, торбернит, цейнерит, карнотит.

Основной показатель качества руд – содержание в них урана. По его содержанию (в %) выделяются 5 сортов руд: очень богатые (>1), богатые (1-0,5), средние (0,5-0,25), рядовые (0,25-0,1), бедные ($<0,1$).

При оценке технологических свойств урановых руд обязательно должны учитываться их минеральный состав и концентрация других полезных ископаемых, форма их нахождения и возможность попутной добычи. Наиболее перспективными являются: золотоурановые, уран-железные, уран-медные, уран-(медно)молибденовые, уран-полиметаллические типы руд в различных генетических типах месторождений.

Глава 2. СОСТОЯНИЕ МИРОВЫХ ЗАПАСОВ И ИЗУЧЕННОСТЬ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ АРМЕНИИ НА РАДИОАКТИВНОЕ СЫРЬЕ

Необходимость возобновления комплексных геологических исследований и коренной переоценки ресурсного потенциала радиоактивного сырья Армении диктуется рядом обстоятельств, которыми обусловлено бесперебойное функционирование топливно-энергетической системы республики на сегодняшний день и в перспективе.

Принципиальное значение приобретает снабжение сырьем действующей ныне Мецморской и тем более проектируемой (начата разработка ТЭО строительства) атомных электростанций. Следует учесть, что необходимость периодической закупки у России радиоактивного топлива и огромные затраты на усовершенствование технологических конструкций, обеспечивающих экологическую безопасность, а также безопасное захоронение отходов, явились основной причиной передачи Мецморской АЭС Армении под управление России. С другой стороны, после распада советской системы Россия в определенной степени лишилась традиционно базовых источников первичного радиоактивного сырья и поэтому в настоящее время проводит целевую геополитику по поиску новых источников остродефицитного сырья для обеспечения сырьевыми ресурсами свои современные потребности и новые строящиеся (в т. ч. за рубежом) атомные электростанции. Поэтому возобновление геологических исследований и переоценка радиоактивных ресурсов Армении становятся архиважными и приобретают стратегическое значение, поскольку они, с одной стороны, будут способствовать удовлетворению энергетического спроса Армении в этом сырье, с другой – реализации в будущем ряда региональных программ совместно с Россией.

На этой основе в 2007г. между правительствами России и Армении было заключено соглашение о совместном проведении геологоразведочных и добычных работ, а также переработки руд

ранее опосредованных и частично разведанных экспедициями Мингео СССР рудопоявлений (месторождений), наиболее перспективных на уран и торий. В апреле 2008г. Армения и Россия подписали Договор о создании совместного горнорудного предприятия по геологической разведке урана на территории РА. Договор подписали министр охраны природы РА Арам Арутюнян и генеральный директор ОАО “Атомредметзолото” (дочернего предприятия “Росатом”-а) Вадим Живов. Совместное предприятие создается в качестве ЗАО на паритетных началах – в капитале 50/50%, и российская сторона пока не планирует увеличения своей доли в этом предприятии. Геологоразведочные работы на уран начаты в Сюникской области Южной Армении в 2009г.

При советской власти в 50-75гг. Армения рассматривалась как перспективный район на радиоактивное сырье, однако позднее основные интересы сместились и были нацелены на открытие и освоение некоторых крупных месторождений Средней Азии и востока России. Объекты Армении остались недоизученными и неоцененными.

Управление геологии Армении осуществляло массовые поиски по всей территории республики в рамках обеспечения кондиционности геологического картирования, а специализированные выездные экспедиции Мингео СССР вели работы по обнаружению радиоактивного сырья (с 1948г. – Громовская, а в 1965-1975гг. – Кольцовская экспедиции). К сожалению, в геологических фондах Армении сохранились только результаты массовых поисков (радиометрия, аэрогаммасъемка, автогаммапоиски и т.д.), а первичные материалы Кольцовской и Громовской экспедиций были переведены в Центральный архив Северного Кавказа (г.Ессентуки).

В мировой практике ведущее место по запасам и добыче занимают уникальные месторождения “несогласия”. Запасы на этих месторождениях достигают 140000 (Сигар-Лейк, район Атабаска, Канада) – 200000 (Макартур-Ривер) тыс.т, при среднем содержании урана от 11,5 до 18,5%. Месторождения “несогласия” наиболее детально разведаны и обрабатываются в Канаде (районы Атабаска и Аллигатор-Ривер), Австралии, России (Карку, северо-

восточное Приладожье), Южной Африке (Витватерсранд). Годовая добыча урана в Канаде составляет около 18000т, что в принципе равно половине мировой добычи.

Следует учесть, что отрабатываются и другие типы урановых месторождений – гидротермальные, инфильтрационные и осадочные.

На территории Армении, по материалам ранее проведенных геологоразведочных работ, условно можно оконтурить 4 крупных района, перспективные на радиоактивные элементы (рис. 1).

1. Сюникский (Зангезурский) район – междуречье Воротан-Охчи-Аракс в зоне Зангезурского глубинного разлома, выраженной парой региональных нарушений северо-западного простирания – Дебакли-Айригетским и Хуступ-Гиратагским.

Таблица 1

Добыча урановых руд по странам мира
(по содержанию урана, тонн)

Страна	Год				
	2001	2002	2003	2004	2005
Канада	12520	11604	10457	11597	11628
Австралия	7756	6854	7572	8982	9519
Казахстан	2050	2800	3300	3719	4357
Россия	2500	2900	3150	3200	3431
Намибия	2239	2333	2036	3038	3147
Нигер	2920	3075	3143	3282	3093
Узбекистан	1962	1860	1598	2016	2300
США	1011	919	779	846	1039
Украина	750	800	800	800	800
Китай	655	730	750	750	750
ЮАР	873	824	758	755	674
Чехия	456	465	452	412	408
Индия	230	230	230	230	230
Румыния	85	90	90	90	90
Германия	27	212	150	150	77
Пакистан	46	38	45	45	45
Франция	195	20	0	7	7
Бразилия	58	270	310	300	...
Всего в мире	36366	36063	35613	40219	41595

**Пять крупнейших урандобывающих центров мира
(2005г.)**

Рудник	Страна	Способ добычи	Добыча, т	% от мировой добычи
Макартур-Ривер	Канада	подземный	7200	17,3
Рейнджер	Австралия	открытый	5006	12,0
Олимпик-Дам	Австралия	подземный	3688	8,9
Рессинг	Намбия	открытый	3147	7,6
Группа рудников Приаргунского производственного горно-химического объединения (ППГХО*)	Россия	подземный	3000	7,5

* ППГХО разрабатывает Стрельцовское месторождение несколькими шахтами.

2. Ванадзор-Дилижанский (Памбакский) район – между-речье Дебед и Агстев в пределах Севано-Ширакского синклинория (зона Эрзинджан-Севанского глубинного разлома).

3. Арзакан-Паракарский район – бассейн р.Раздан субмеридионального (север-северо-восточного) простиранья.

4. Веди-Вайкский (Араксинский) район – левобережье р.Аракс (зона Араксинского разлома) и бассейн ниже-среднего течения р.Арпа.

Кроме того, выделяются также 2 небольших ореола: Шамлугский и Джермуковский. Первый фактически является северным продолжением Ванадзор-Дилижанского, а второй – северо-восточной ветвью Веди-Вайкского перспективных районов.

На основании имеющихся материалов на территории республики выделены опоискованные площади, перспективные на уран и торий (Кочарян, 1969). Однако эти материалы не привязаны к действующим горнорудным предприятиям или крупным детально разведанным месторождениям с учетом комплексного освоения ресурсов. Это имеет принципиальное значение, т.к. на данной стадии изученности оконтуренные участки на оруденение урана и тория самостоятельного значения не представляют.



Рис. 1. Ураноносные рудные поля и рудные районы Армении

1-Шамлугское; 2-Фиолетовское; 3-Маргаовитское; 4-Айриджурское; 5-Арчутское; 6-Бундукское; 7-Вардаблурское; 8-Дилижанское; 9-Поладское; 10-Арчикухерское; 11-Гетикское; 12-Шванидзорское; 13-Нювадинское; 14-Ванкское; 15-Калерское; 16-Джиндаринское-Айригетское; 17-Таштунское; 18-Джрбанд-Кармиркарское; 19-Сарджурское-Пирмазрикское; 20-Мьякангетское; 21-Шлоркутское; 22-Каджаранское; 23-Карасарское; 24-Даразаминское; 25-Пхрутское; 26-В.Андское; 27-Аткизское; 28-Давачинское; 29-Арамаздское; 30-Капутджухское; 31-Казанличское; 32-Толорское; 33-Шукарское; 34-Аравузское; 35-Дастакертское; 36-Каятехское; 37-Хачинсар-Овтамечское; 38-Зиракское; 39-Мецдзорское (Арзаканское); 40-Лесное; 41-Тежсарское; 42-Гетапское; 43-Агаракадзорское; 44-Оцасарское; 45-Кетузское; 46-Осеннее; 47-Алмалинское; 48-Майское; 49-Элпинское; 50-Ортуговое; 51-Зовашенское; 52-Варданесское; 53-Гешинское; 54-Енгиджанское; 55-Паракарское.

Слабая минералого-геохимическая изученность и отсутствие технологических исследований не дают возможности в надлежащей форме оценить промышленное значение имеющихся ресурсов радиоактивного сырья.

Следует учесть, что сведения о радиоактивном сырье вообще и о ресурсах Армении по урану и торию в частности, не могут быть в полном объеме рассмотрены, т.к. это стратегическое сырье особой важности и информация по нему либо недостаточна, либо недоступна. Поэтому мы ограничимся лишь изложением данных общего характера, обосновывающих перспективы радиоактивных ресурсов республики с учетом возможного строительства новой атомной электростанции и ее бесперебойного обеспечения запасами радиоактивного сырья в долгосрочной перспективе. Нами проведена обзорная интерпретация имеющихся фактических данных и сделаны концептуальные обобщения. Кроме того, обобщены результаты наших личных исследований в рамках потемного госбюджетного финансирования. В качестве товарной продукции, на данной стадии исследований, рассматривается сырье. Радиоактивные объекты на госбалансе РА не числятся, т.к. их запасы не подсчитаны и не утверждены ГКЗ РА и поэтому они нами классифицируются как проявления, хотя некоторые объекты с авторским подсчетом запасов представляются как месторождения, что неприемлемо.

Ниже рассматриваются минералогические и морфогенетические особенности наиболее перспективных рудопроявлений на уран и торий. Это гидротермальные, гидротермально-инфильтрационные, эпитеpmально-инфильтрационные и инфильтрационные проявления за исключением гидротермального уранового типа с галенитом и уран-мышьякового типа (с флюоритом), а также осадочного – уран-карбонатного типа. Последние 3 типа крайне слабо изучены и их потенциал не оценен. Однако отметим, что для уран-карбонатного типа геотипами являются рудный пояс Грантс – Амброзия Лейк, Темпл Маунтин и Джек Пайл (США). Гидротермально-инфильтрационная и эпитеpmально-инфильтрационная генетические группы проявлений выделяются нами впервые.

3.1. Типизация урановых месторождений

В настоящем обзоре использованы имеющиеся на сегодняшний день литературные и фондовые материалы. Особенно отметим фондовые материалы А.Е. Кочаряна, Б.И. Пигульского, В.В. Шелховского, М.Д. Загайнова, А.П. Панченко, В.А. Марковича, М.А. Енгояна, Л.С. Рудницкой, Г.Е. Кочиняна, А.М. Антропцева, Э.Л. Саруханяна, И.Б. Харатовой, Г.К. Петояна, Б.К. Архипова. Следует учесть, что генетическая классификация и типы урановых руд, предложенные этими авторами, нуждаются в коренном пересмотре в свете современного уровня исследований, т.к. не учтена роль гипергенных процессов при формировании уран-ториеносных залежей. Кроме того, существующие генетические классификации (группировки) месторождений (Суражской, 1956; Нэш и др., 1981; Бойцов, Верчеба, 2008) в настоящее время не охватывают и не могут охватить все многообразие генетических особенностей урановых месторождений, т.к. каждый регион, провинция или пояс имеют свои отличительные особенности. Нам представляется, что главным в генетической группировке месторождений должны быть первичные источники (рассеянной) минерализации и вторичные (если, конечно, они есть) механизмы формирования уранового месторождения в разных проявлениях и в разных средах. Имеющийся фактический материал и результаты наших исследований дают нам основание провести генетическую группировку и типизацию уран-ториеных руд проявлений (месторождений) Армении (табл.3). Фактически выделенные типы руд – это природные разновидности, они технологически не тестированы и экономически не оценены и потому носят условный характер.

С генетической точки зрения для Армении наиболее перспективны гидротермальные (Пахрут, Анд) и гидротермально-инфильтрационные (Лесное) проявления уран-молибденового, уран-

Типизация уран-ториевых проявлений Армении

№№	Генетический тип проявления	Типы руд	Минеральный состав руд	Элементный состав	Морфология рудных тел	Вмещающие породы	Примеры проявлений (месторождений)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Гидротермальный, низкотемпературный	1.1. Уран-молибденовый тип	Настуран, антимонит, галенит, сфалерит, арсениопирит, пирит, молибденит, халькопирит, урановая чернь, отенит, торбернит, уранофан, цейнерит, трейгерит, карбонаты, кварц, халцедон	U, Mo, Cu, Pb, Zn, Sb, As, Ni, Co, U – 0,01-0,3%	Прожилки, линзы, столбообразные тела, гнезда, реже вкрапленники	Гранитоиды, метасоматиты и роговики	Зангезурская группа, Пахрут, Анд, Даразами, Джржап, Кармиркар
		1.2. Урановый тип (с галенитом)	Отенит, торбернит, уранофан, урановая чернь, настуран, галенит	U, Pb U – до 0,03% U – до 0,063%	Прожилки, вкрапленность и гнезда в тектонических зонах	Экструзии санидино-вых трахитов и трахириолитов, их эффузивные аналоги	Вайкская группа, Варданес, Горгун, Полад Араксинская группа, Иландаг
		1.3. Уран-мышьяковый тип (с флюоритом)	Урановая чернь (урановая смолка), отенит, уранофан, гялиит, пирит, реальгар, аурипигмент, кальцит, флюорит	U, As, F U – 0,035-0,069%	Прожилки и гнезда, шток	Экструзии санидино-вых трахитов, трахириолитов, трахиандезитов	Араксинская группа, Осенее, Чатмин
2	Гидротермально-инфильтрационный	2.1. Уран-полиметаллический тип (с золотом)	Настуран, блеклая руда, молибденит, минералы Bi, золото, урановая чернь, пирит, галенит, сфалерит, халькопирит, кварц, карбонаты	U, Au, Cu, Pb, Sb, As, Bi, Mo	Рудные столбы, прожилки, реже гнезда в трещинах и зонах дробления	Гранитоиды	Вайкская группа, Каятех, Атоара
		2.2. Уран-молибденовый	Настуран, гялиит, отенит, урановые слюдки, урановая чернь, арсениопирит, галенит, сфалерит, барит, анксит	U, Mo, Cu, Sb, Pb, Zn, As U – 0,03-0,141%	Прожилки, примазки, вкрапленность, рудные столбы	Гранитоиды	Памбакская группа, Лесное

NN	Генетический тип проявления	Типы руд	Минеральный состав руд	Элементный состав	Морфология рудных тел	Вмещающие породы	Примеры проявлений (месторождений)
1	2	3	4	5	6	7	8
		2.3. Уран-торий-редкоземельный (уранинит-флюорит-биотитовый) тип	Уранинит, минералы Ce-La группы, бастензит, прохлор, сфен, циркон, ортит, флюорит, биотит, метаторбернит	U, F, TR U – до 0,01%	Вкрапленность в тектонических зонах	Щелочные сиениты, щелочные порфиры	Памбакская группа Темсар
3	Эпitherмально-инфильтрационный	3.1. Золото-уран-ториево-железистый Au-U-S (Fe) тип	Уранинит, отенит, торбернит, метаторбернит, настуран	Au-U (Th)-S (Fe) U – 0,025-0,03%	Пластовая залежь, штокверк	Вторичные кварциты, экструзии андезитовых брекчий	Зангезурская группа Хачинсар
3.2. Уран-ториевый тип		Отенит, торбернит, метаторбернит, монацит, циркон, ксенотим, кварц, биотит, мусковит	Au-U (Th)-S (Fe) U – 0,025-0,03%	Прожилково-вкрапленная	Порфиридные гранит-аплиты	Зангезурская группа Овтамеч	
3.3. Золото-уран-железистый тип		Самородные Au, Ag, Pt. В тонкодисперсном недиагностируемом состоянии микроминеральная фаза UO ₂ (уранинит и урановая чернь)	Au-U (Th)-S (Fe)	Прожилково-вкрапленная пластовая залежь	Конгломераты и конглобрекчи	Зангезурская группа Мегринский разрез	
3.4. Золото-уран-железистый тип		Отенит, гялит, уранофан, урановая чернь	Au-U-S (Fe) U – 0,06%	Линзы, пластовая залежь или зона	Черные туфобрекчии андезитов	Араксинская группа Зовашен	
4	Инфильтрационный (гадогенно-хемогенный)	Золото (платина)-уран-железистый	самородные Au, Ag, Pt. В тонкодисперсном недиагностируемом состоянии микроминеральная фаза UO ₂ (уранинит и урановая чернь)	Au-U-S (Fe)	Субгоризонтальные пластовые зоны, залежи, линзы	Терригенно-углесланцевые комплексы	Джерманис, Иджеван, Шамут, Антарамут, Мегринский разрез, Джаджур
5	Осадочный	Уран-карбонатный тип	Тюамунит, урановая чернь	U, V U – до 0,01%	Линзы и гнезда	Кремнистые известняки	Восточное Гетанское и Суранаванское проявления урана

полиметаллического (Каятехское рудное поле) типов. Особый промышленный интерес представляют гидротермально-инфильтрационные проявления уран-редкоземельного (уранинит-флюорит-биотитового) типа (Тежсар), а также эпитермально-инфильтрационные золото-уран-торий-железистого типа во вторичных кварцитах (Хачинсар, Вардадзор), уран-ториевого в гранит-аплитах (Овтамеч), золото-уран-железистого типа в туфобрекчиях андезитов (Зовашен), а также в конгломератах и конглобрекчиях (Мегринский разрез). Особый интерес представляют инфильтрационные (гидрогенно-хемогенные) месторождения золото-уран-железистого типа в терригенно-углесланцевых комплексах Армении (Джерманис, Иджеван, Шамут, Антарамут, Джаджур и др.). Крайне слабо изучены осадочные проявления уран-карбонатного типа (Гетап, Суренаван, Восточное), перспективы которых неясны.

В группе гидротермальных проявлений выделяются 3 типа руд: уран-молибденовый, урановый (с галенитом) и уран-мышьяковый (с флюоритом). Урановый (с галенитом) тип оруденения встречается на Варданесском, Гортунском и Поладском проявлениях Вайкской группы и Иландагском проявлении Араксинской группы. Уран-мышьяковый тип встречается на проявлениях Осеннее и Чатминское Араксинской группы (табл. 3). Эти типы руд крайне слабо изучены и нами в данной работе не рассматриваются.

Уран-молибденовый тип оруденения развит на Пахрутском и Андском проявлениях Зангезурской группы и относительно хорошо изучен. К этой группе относятся также небольшие проявления Даразами, Джркап и Кармиркар. Подробно рассматривается Пахрутское и Андское проявления. Их геотипами являются Морисвейл (США), Ишимское, Восток, Бата-Бурум, Джедели (Казахстан).

3.2. Гидротермальные рудопроявления.

Уран-молибденовый тип

Пахрутское проявление расположено в 5-6км к востоку от Каджаранского медно-молибденового месторождения, в северо-восточной экзоконтактной полосе Мегринского полифазного плу-

тона, на обоих склонах ущелья р.Вохчи. Экзоконтактовая полоса монцитовой интрузии имеет длину более 1,5км, при ширине 0,6км и протягивается в северо-западном направлении, параллельно зоне Лернадзорского разлома. Месторождение разведано на нескольких горизонтах поверхностными и подземными горными выработками, а также буровыми скважинами, в том числе подземного бурения. Выделяются три участка (зоны): Вохчи, Лернадзор и Пахрут (Кочарян, 1969).

На месторождении опробовано на глубину 300м более 20 рудных тел с содержанием урана от 0,045 до 0,34%, при среднем содержании 0,2% и мощности 1,25м. Рудные тела прослежены до 600м и представлены кремнисто-карбонатными, брекчированными, окварцованными и серицитизированными породами. Оруденение представлено урановой чернью, настураном, иногда пиритом и марказитом и локализуется в пределах маломощных (0,1-2мм) прожилков. Урановая чернь преобладает над настураном и образует сажистые скопления, налеты и пленки. Нерудные минералы представлены халцедоном, карбонатом, каолинитом, хлоритом, баритом. На месторождении ярко выражена зона окисления. Ураноносные руды интенсивно выщелочены.

На горизонте штольни N501 (1480м) на интервале 64-107м подсечена система 6 параллельных ураносодержащих линз, локализованных в тектонических трещинах, средней мощностью 1,15м (от 0,34 до 1,77м), при содержании урана от 0,014 до 0,182%. Мощность прожилков достигает 1см с почковидными выделениями или корочками настурана с чернью. Встречаются пирит, марказит, халькопирит, галенит, сфалерит, кофинит, иордизит, пирротин. В окисленных настуранах спектральными анализами установлены Pb, Sb (до 0,1%), As, Y (0,3-1%), Mo (>1%) и Zr (до 1%).

Вертикальный размах оруденения составляет 140м. Руды Пахрутского месторождения (уч. Вохчи) относятся к уран-молибденовому, по составу нерудных компонентов – к кварц-карбонатному, а по природе радиоактивности – к собственно урановому типу (Пигульский, Шелховский, 1968).

Возраст уранового оруденения Пахрутского месторождения

определяется косвенными данными. Монзониты прорывают вулканогенные породы нижнего эоцена, чем определяется нижняя возрастная граница, а верхняя определяется перекрытием штока ураноносных гранодиорит-порфиров Джркапского проявления покровом дацитов плиоценового возраста с прослоями углистых сланцев. Абсолютный возраст урановой смолки из Андского месторождения определен как 7-8 Ма, что соответствует плиоценовому времени (Кочарян, 1969).

Из жилы Л-7 (камера 6) Пахрутского месторождения отобрана технологическая проба общим весом 2т. Проба была подвергнута радиометрическому обогащению. Как показали опыты, руды можно отнести к категории контрастных и радиометрически легко обогатимых. Показатель контрастности по обогатительному классу (>25мм) достигает 1,3. Технологические показатели радиометрического обогащения приводятся в табл. 4

По данным авторского подсчета, на Пахрутском месторождении запасы урана составляют около 20 тыс.т, при среднем содержании 0,2%, из коих 12 тыс.т – это прогнозные ресурсы (Кочарян, 1969).

Андское проявление прилегает к Пахрут-Лернадзорскому рудному полю и представлено 22 рудными телами, из которых сравнительно детально изучено Первое рудное тело. Оно имеет северо-восточное простирание и крутое падение. Оруденелая зона по простиранию прослежена на 2,5км и характеризуется мощностью 1,2-12м, местами до 30-40м. Подземными горными выработками Первое рудное тело по простиранию прослежено на 400м, а по падению – на 210м. Оруденение представлено урановой чернью и настураном. Среднее содержание урана в руде 0,2-0,3%, иногда до 1% и более. Это тело является стержневым, к которому приурочены 20 других рудных тел северо-западного простирания. Внутреннее строение рудного тела характеризуется наличием рудных столбов. В остальных рудных телах содержание урана колеблется в пределах 0,056-0,53%, при их мощности 0,2-0,7м. Среднее содержание урана на месторождении при средней мощности рудных тел 1м составляет 0,34%.

**Технологические показатели радиометрического обогащения
урансодержащей пробы Пахрутского месторождения
(Пигульский, Шелховский, 1968)**

N/N	Показатели	Величина, %
1	Содержание урана в руде	0,256
2	Удельный вес (г/см ³)	2,75
3	Выход товарной руды	61,2
4	Содержание урана в товарной руде	0,395
5	Коэффициент обогащения	1,54
6	Извлечение урана из товарной руды	94,0
7	Выход хвостов	38,8
8	Содержание урана в хвостах	0,038
9	Потери урана	6,0

Прогнозные ресурсы месторождения составляют 5-10 тыс.т.

Технологические исследования производились на пробе весом 2,5т методом геофизической сортировки. Результаты приводятся в табл. 5.

Приведенные в табл. 5 данные свидетельствуют о том, что, во-первых, при радиометрической сепарации (сортировке) крупного и среднего классов выход хвостов с содержанием 0,02% урана составляет 35% от общего объема руды и 3-4% металла в исходной руде; во-вторых, выход товарного продукта при радиометрической сепарации составил 65% от общего объема руды и 96% урана от общего в исходной руде; в-третьих, при селективной добыче возможно получение богатых и контрастных урановых руд.

Описанные проявления Сюникского рудного района относятся к гидротермальному уран-молибденовому типу, представленному жилами, столбообразными и гнездообразными телами, среднее содержание урана в которых колеблется в пределах 0,1-0,3%. Перспективы этих месторождений связаны в основном с глубокими горизонтами и приконтактовыми зонами. К этому типу относятся и

Технологические показатели геофизической сепарации урановых руд Андского месторождения (Енгоян, 1958)

N/N	Виды товарной продукции	Выход, %	Содержание урана, %	Извлечение урана, %
1.	Концентрат	10,0	0,10	4,5
2.	Класс -50+0,5мм	54,6	0,374	92,3
3.	Товарная продукция	64,6	0,332	96,8
4.	Хвосты	35,4	0,02	3,2
5.	Руда	100,0	0,221	100,0

ряд проявлений, которые также имеют значительные перспективы, что обусловлено их приуроченностью к крупным гранитоидным массивам альпийского возраста.

3.3. Гидротермально-инфильтрационные рудопроявления

3.3.1. Уран-полиметаллический тип (с золотом)

В группе гидротермально-инфильтрационных проявлений выделяются 3 типа руд: уран-полиметаллический (с золотом), уран-молибденовый и уран-торий-редкоземельный (уранинит-флюорит-биотитовый). Ниже приводятся краткие описания основных минералогических и морфогенетических особенностей этих руд.

Каятехское проявление урана представлено двумя участками – Атдаринским и Каятехским. Атдаринский участок расположен в северо-западной эндоконтактовой части Каятехского (Каялинского) интрузива, в 2-3км к северо-востоку от г.Вайк, а Каялинский участок – в 0,3-0,5км к юго-востоку от Атдаринского участка и занимает центральную часть интрузива.

В районе проявления обнажаются туфогенно-осадочные и вулканогенные образования андезитового состава среднего эоцена (мощностью 40-90м), прорванные Каятехской штокообразной интрузией, сложенной габбро-диоритами, сиенит-диоритами, монцонит-диоритами и кварцевыми монцонитами. Комплекс интрузивных и вулканогенно-осадочных образований прорывается дай-

ками кварцевых порфиров, аплитов и жилами пироксеновых порфиритов северо-восточного простирания с крутым падением на северо-запад, мощностью 2-5 – 8-10м. В северо-западной части Каятехской интрузии, в контакте с песчано-известковыми мергелями эоцена образовались скарны, состоящие из кальцита, граната, пироксена и плагиоклаза. В контактовой полосе интрузива широко проявляются окварцевание, пиритизация, серицитизация, каолинизация, эпидотизация, карбонатизация и хлоритизация. Каятехский интрузив обнажается на правом берегу р.Арпа и контролируется крупным Арпинским тектоническим нарушением глубинного заложения, простирающегося вдоль ущелья р.Арпа.

Ураноносные зоны в пределах Каятехского проявления исключительно приурочены к кварц-серицитовым метасоматитам и локализируются в кварц-полиметаллических прожилках.

Каятехская интрузия прорывается системой тектонических нарушений северо-восточного простирания с крутым падением на юго-восток и северо-запад, а также северо-западного простирания с падением на юго-запад. Северо-западная система трещин пересекает северо-восточную. Ураноносность преимущественно приурочена к более молодым структурам.

Атдаринский участок. На участке выделены три ураноносные зоны –N1, N2 и “Малахитовая”, обнажающиеся на поверхности. Буровыми скважинами и подземными горными выработками вскрыты несколько слепых ураноносных зон и прожилков.

Зона N1 прослеживается на поверхности около 1км, а подземными выработками – на 400-500м. Мощность зоны 0,6-1,4м, простирание северо-восточное ($10-15^{\circ}$) с крутым падением на юго-восток. Зона представлена серицитизированными и хлоритизированными породами, пронизанными халцедоновыми, карбонатными, кварц-карбонат-халцедоновыми и сульфидными прожилками, мощностью 0,2-4см. Содержание урана в зоне неравномерное, но наблюдается явное двукратное увеличение содержания с глубиной, что связано, по-видимому, с миграцией урана трещинными водами из зоны окисления на более низкие горизонты. Содержание урана и радона в растворах составляет соответственно $1,6-6,9 \cdot 10^{-4}$ г/л и 450

эман. На поверхности, в пределах зоны N1, содержание урана составляет 0,009% при мощности 0,5м; на глубине 25м (шт. N10) содержание урана составляет 0,02%, а на глубине 60-75м (шт. N11) – 0,059% при мощности 1,2м, на общем фоне содержания урана 0,01-0,04%. На глубине 120-150м, по данным буровых скважин (N45-49), содержание урана в среднем составляет 0,03-0,05% при мощности 1,2-1,5м. Отметим, что скважинами и горными выработками подсечены 5 слепых рудных прожилков с содержанием урана до 0,056% при мощности 0,4м.

Зона N2 расположена в 160-180м к западу от зоны N1. Она прослежена в меридиональном направлении более 1км, при мощности 2-3м и крутом падении на восток. На поверхности мощность зоны достигает 20-60м. На севере (на протяжении 360м) зона расположена в кварцевых монцонитах, пронизанных прожилками карбоната, халцедона, сфалерита и галенита. На этом участке развито титаномагнетитовое оруденение. В центральной части зона N2 вскрыта штольной N11 и слабо выражена. Урановое оруденение локализуется только в северо-восточных трещинах в роговиках. Содержание урана составляет 0,086-0,312%. Зона разведана 6 скважинами, из которых только 2 скважины подсекли кварц-карбонат-сульфидные прожилки с урановой чернью на глубине 80-105м. Содержание урана в этих прожилках 0,012-0,033% при мощности 3м. Низкий процент выхода керна не дает возможности достоверно оценить ресурсы в пределах зоны N2.

Зона "Малахитовая" прослеживается через г.Голая, в 100м к востоку от зоны N1. Зона простирается на северо-восток (40°) с крутым падением на юго-восток (на ЮЗ фланге) и северо-запад (на СВ фланге). Фактически юго-западный фланг зоны "Малахитовая" сочленяется с зоной N2, образуя единую ураноносную зону. На поверхности зона прослежена на 600м, при мощности 0,3м. Она представлена гидротермально измененными, серицитизированными сиенит-диоритами. Содержание урана по зоне 0,018%. Опоскование зоны на глубину проведено двумя буровыми скважинами глубиной 165 и 175м. Вдоль зоны "Малахитовая" широко развиты кварц-сульфидные, кварц-халцедоновые и кварц-карбонатные

прожилки мощностью 5-10см. Зона очень слабо изучена. Опробование водных стоков в пределах Аtdаринского участка показало от $8,5 \cdot 10^{-6}$ г/л до $2,5 \cdot 10^{-5}$ г/л урана при общей минерализации 100-340 мг/л.

На Аtdаринском участке выделяются две группы рудоносных структур (Кочарян, 1969).

1. Карбонат-халцедон-опаловые прожилки и зоны брекчирования близмеридионального простирания с пиритом и марказитом. Гидротермальные изменения представлены карбонатизацией, каолинизацией и галлуазитизацией. Эта группа рудовмещающих структур занимает ведущее место и является наиболее поздней по времени образования.

2. Кварц-карбонат-полиметаллические прожилки близширотного простирания. Гидротермальное изменение представлено серицитизацией, окварцеванием и карбонатизацией.

К этим 2 группам следует добавить еще и титансодержащие магнетит-гематитовые руды самого раннего происхождения, локализовавшиеся в приконтактных частях интрузии сиенит-диоритов.

Рудообразование на Аtdаринском участке происходило в три стадии (этапа): контактово-метасоматическую, гидротермальную и гипергенную. Контактново-метасоматическая стадия представлена титансодержащим магнетитовым прожилково-вкрапленным оруденением в роговиках и магнетит-гематитовым оруденением в скарнированных породах. По данным Л.С. Рудницкой (1955), выделяются 8 стадий минерализации гидротермального этапа:

1. Кварц-полиметаллическая в сиенит-диоритах и кварцевых монзонитах.

2. Кварц-настурановая с содержанием марказита и карбоната. Содержание урана в настуране составляет 65% (по перловоллюминесцентному анализу).

3. Кварцевая. Кварц голубой или голубовато-серый, халцедоновидный с микрозернистой структурой; содержит перетертый пирит, марказит и тонкораспыленный настуран.

4. Карбонатная. Карбонат имеет розовый цвет и представ-

лен доломитом (железосодержащим). Сопровождается каолинизацией и галлуазитизацией.

5. Халцедоновая. 6. Халцедоновая. 7. Опаловая. 8. Халцедоновая.

Гипергенный этап минералообразования проявился в основном образованием в зоне окисления гидроокислов железа и марганца, супергенного кальцита, каолина, а также урановой черни. Зона окисления на участке имеет мощность 70-80м, но иногда вдоль тектонических трещин окисление проникает на глубину 120м. Лимонит образует псевдоморфозы по пириту.

По данным А.Е.Кочаряна (1969), с учетом нижнемиоценового возраста Каятхского интрузива, возраст уранового оруденения принимается как верхнемиоценовый или нижнеплиоценовый.

С учетом расширения перспектив участка, урановое оруденение следует искать ниже зоны окисления (70-80м) и в обязательном порядке вне контуров развития скарнов и роговиков, мало податливых к процессам трещинообразования.

Каятхский участок представлен гидротермально измененными сиенито-диоритами, пронизанными жилами (мощностью до 0,6м) и прожилками (до 0,1м) кварца, кварц-карбоната и полиметаллов. К рудным жилам и прожилкам приурочено урановое оруденение.

Зоны гидротермально измененных пород простираются на северо-восток ($40-60^{\circ}$) и падают круто на северо-запад и редко на юго-восток. На поверхности они четко фиксируются благодаря наличию окислов железа и меди, образуя отрицательные формы рельефа. Ширина этих зон в отдельных случаях достигает 160м. Наиболее детально изучена зона N3.

Зона N3 Каятхского участка расположена в северной части участка и прослежена на северо-восток на 1,3км, при средней мощности 75м. Зона изучена буровыми скважинами и подземными горными выработками на трех горизонтах. Гидротермальное изменение представлено серицитизацией, хлоритизацией и каолинизацией за счет сиенит-диоритов. Мощность карбонатных, кварц-карбонатных и кварц-полиметаллических прожилков колеблется от

0,3 до 12см, при средней протяженности 120м.

Рудные минералы представлены пиритом, халькопиритом, настураном, блеклыми рудами (теннантит, тетраэдрит), галенитом, сфалеритом, молибденитом, минералами висмута, кадмия и сурьмы. Повышенная радиоактивность приурочена в основном к кварц-полиметаллическим прожилкам. Распределение уранового оруденения весьма неравномерно. По простиранию оно выдерживается в пределах 0,5-20м, а по падению – 30-175м, при мощности 0,2-0,6м. В целом урановое оруденение образует столбообразные тела с наклоном на северо-восток под углами от 60 до 80°. Содержание урана колеблется в широких пределах – от сотых долей до 1,4%, составляя в среднем 0,06%.

Следует отметить, что ураноносные прожилки ориентированы косо к простиранию кварц-полиметаллических прожилков и тектонических трещин, являющихся дорудными (доурановыми).

На участке выделяются 6 стадий минералообразования; настуран выделялся в четвертой стадии. На Атдаринском участке, как уже было отмечено, настуран выделился во второй стадии. Однако ураноносные стадии минерализации обоих участков следует приравнять друг к другу, учитывая их аналогичный минеральный состав.

На Каятехском участке хорошо выражена зона окисления, мощность которой составляет 20-50м. В зоне окисления первичные минералы урана не сохранились. Здесь уран содержится в интенсивно перетертой пирит-халькопиритовой массе (до 3%), в лимоните (до 0,35%), в галлуазите (до 0,24%) и в породах зоны дробления – в виде регенерированной черни. Грунтовыми водами уран интенсивно выносится из зоны окисления. Содержания урана и радона в период 1960-1970гг. составляли соответственно от $n \cdot 10^{-5}$ до $9 \cdot 10^{-2}$ г/л и от 100-500, реже 2000-2420 эман.

Ниже зоны окисления радиоактивность связана с урановой смолкой, местами переходящей в остаточную чернь.

В заключение отметим, что перспективы промышленного освоения ураноносных руд Каятехского проявления (с участками Атдара и Каятех) связаны, во-первых, с комплексным использова-

нием этих руд в связи с их золотоносностью, а во-вторых, с промышленным освоением разведанного Азатекского золото-полиметаллического (золото-свинцово-сурьмяного) месторождения.

3.3.2. Уран-молибденовый тип

Лесное проявление находится на левом склоне р.Ахавнадзор, в 15км к северо-западу от г.Раздан и в 1,5км к северо-востоку от с.Ахавнадзор. Участок расположен на восточной периферии Ахавнадзорского интрузивного массива. На северо-востоке интрузив прорывает вулканогенную толщу среднего эоцена, сложенную преимущественно андезитами, а на юго-западной границе интрузив прорывают допалеозойские сланцы и меловые известняки, с образованием зоны гибридных пород. Ахавнадзорский интрузив представлен монцонитами, габбро-диоритами, сиенитами, граносиенитами и гранодиоритами и датируется как послесреднеэоценовый (олигоцен-миоценовый). Жильные породы имеют широкое распространение. Они представлены гранит-аплитами, сиенит-аплитами, аплитами, диорит-порфиритами. Даечные образования простираются преимущественно на северо-запад, местами простираение близширотное с крутым падением в северные румбы.

Комплексными геолого-геофизическими поисками и горно-буровыми работами на Лесном проявлении выявлено и опосковано более 20 тектонических зон дробления, прослеженных по простираению от 0,5 до 2км, а по падению отдельные зоны прослежены буровыми скважинами на 100-260м, при мощности от 0,3 до 5м. В отдельных случаях мощность зон раздувается до 7-8 и более метров.

На поверхности урановое оруденение в зонах гидротермально измененных пород представлено гиалитом, отенитом, смешанными урановыми слюдками, остаточной урановой чернью. Из зоны окисления уран интенсивно выщелочен и вынесен за пределы рудовмещающих структур.

Первичный урановый минерал представлен настураном и встречается на глубине 100-120м. Урановая чернь образует мало-

мощные (2-5мм) прожилки, гнезда и тонкую вкрапленность, а урановые слюдки – примазки по трещинам, гнезда и неравномерную вкрапленность. Следует отметить, что наиболее обогащенные ураном интервалы рудных зон в подземных горных выработках отличаются сравнительно большой мощностью и брекчиевидным строением. На ураноносных интервалах и за их пределами часто встречаются арсенопирит, галенит, сфалерит, прожилки барита и анкерита. Штольной N3 и буровыми скважинами N2 и N5 рудное тело прослеживается по падению на 180-200м и имеет столбообразную форму. Характерным примером служит сочленение рудных зон N1 и N2 на горизонте штольни N3. В узле сочленения интенсивно проявились процессы выщелачивания, но содержание урана достаточно высокое. Этот узел вскрыт скважинами N2 и N5 на глубине 90м с содержанием урана 0,141%, а на глубине 186м – с содержанием 0,03%. Аналогичные столбообразные тела вскрыты штольной N5 в узлах сочленения рудоносных зон N2 и N8, N7 и N7a. Рудные тела по падению и простирацию выклиниваются резко, что по мнению А.Е. Кочаряна, обусловлено низкотемпературными условиями их локализации и малоподвижностью ураноносных растворов (Кочарян, 1969). О низкотемпературных условиях рудоотложения свидетельствует парагенезис рудных и нерудных минералов с ураном: например, антимонит, галенит, сфалерит, анкерит, халцедоновидный кварц и т.д. Размах уранового оруденения составляет 500-600м, т.е. на Лесном проявлении эрозионный срез неглубокий и перспективы могут быть достаточно обнадеживающими.

Радиогидрогеологическими исследованиями установлено, что зона окисления распространяется до глубины 70м, а по рудоносным структурам – еще глубже (Антропцев, 1961). Воды проявления по химическому составу относятся к гидротермально-кальциево-натриевому типу с минерализацией 0,3г/л. Вместе с ураном в водах установлен молибден в количестве $1,6 \cdot 10^{-4}$ г/л, а в сухом остатке – до 0,1%.

Молибден, сурьма и марганец в водах устанавливаются при наличии урана. А.М. Антропцевым установлены следующие зако-

номерности в распределении урана:

1. Содержание урана в водах глубоких горизонтов увеличивается.
2. Содержание урана увеличивается в удалении от устья штолен.
3. Содержание урана резко увеличивается в водах, омывающих рудные зоны, в особенности зону N2, которая является наиболее крупной и самой перспективной.

Результаты радиогидрогеологических исследований хорошо согласуются с минералогическими исследованиями. Так, например, антимонит и галенит встречаются на поверхности без окисления, но настуран без следов окисления был встречен лишь в керне скв. N2 на глубине 90м (зона N2). В подземных горных выработках настуран окислен и превращен в чернь с реликтами настурана. В зоне окисления, кроме урановой черни, часто встречаются отенит и смешанные урановые слюдки, установленные по данным люминесцентного, микрохимического, спектрального анализов и минералогических исследований. Редко встречаются урансодержащий гялит, лимонит (с ураном до 0,17%), борнит, малахит, азурит. Содержания золота и серебра составляют 0,2-0,52 и 0,4-24,5г/т соответственно по данным пробирного анализа АГМК (Наян, 1961).

На Лесном проявлении выделяются 5 стадий минерализации: кварц-пиритовая, кварц-карбонатная, сульфидная (пирит, галенит, сфалерит, антимонит, пирротин, марказит, реальгар, халькопирит), **уран-карбонатная** (кварц, молибденит, **настуран**, **урановая чернь**, карбонат) и, наконец, кварц-карбонатная (кварц, карбонат-анкерит, барит, халцедон).

Перспективы рудопроявления большие и тесно связаны с промышленным освоением рудных месторождений бассейна р.Мармарик: Меградзорского золоторудного, Анкаванского медно-молибденового и группы железорудных месторождений вдоль зоны Мармарикского глубинного разлома.

Урановое оруденение Лесного рудопроявления А.Е. Кочаян связывает парагенетически с сиенитами и кварцевыми сиенитами Ахавнадзорского интрузива, на основании чего и определяет

возраст оруденения как миоплиоценовый.

3.3.3. Уран-торий-редкоземельный (уранинит-флюорит-биотитовый) тип

Тежсарское проявление, известное под названием Лагерного участка, находится в верховьях р. Уляшик Памбакского хребта, в 0,8 км к северу от г. Осьп. Проявление находится на отметках 2700-3000 м. На проявлении проведены поисковые работы с применением горно-буровых работ в комплексе геофизических и радиогидрогеологических исследований. Спектральными и химическими анализами, кроме уранового оруденения, на участке установлено высокое содержание редкоземельных элементов церий-лантановой группы.

Тежсарское проявление сложено эффузивными породами щелочного состава (сиенит-порфиры и др.) среднеэоценового возраста, прорванными интрузией щелочных и нефелиновых сиенитов послезоценового возраста. Под воздействием интрузии вмещающие эффузивы интенсивно переработаны и перемяты с образованием гибридных пород. Весь комплекс эффузивно-интрузивных образований прорывается аплитовыми и пегматитовыми жилами и дайками сиенит-порфиров, лейцитовых порфиров и др.

Тежсарское проявление урана и редких земель приурочено к зоне брекчированных пиритизированных сиенит-порфиров и щелочных сиенитов. Зона простирается на северо-запад ($310-315^{\circ}$) на 0,6 км при мощности 150-200 м. В северо-западном направлении эта зона перекрыта современными отложениями, но, по-видимому, сочленяется с крупным поперечным Уляшикским разломом. На юго-восток зона прослеживается в ущелье р. Тежагет. Общее падение зоны на юго-запад под углом $40-55^{\circ}$. Границы зоны постепенные.

Урановая минерализация представлена примазками и вкрапленниками метаторбернита и лишь в редких случаях – уранинитом. Причем с глубиной интенсивность оруденения (метаторбернита) усиливается. Содержание урана доходит до 0,086%. Ниже зо-

ны окисления данных по содержанию урана нет, т.к. короткометражные скважины не достигли цели (Давтян, Госунян, 1955). К тому же не уточнены форма, размеры и пространственное положение ураноносных тел.

На основании имеющегося материала делается вывод, что Тежсарское (Лагерное) проявление урана представляет собой окисленный штокверковый тип оруденения, почти аналогичный Хачинсарскому уран-ториевому штокверковому проявлению. Наличие единичных зерен уранинита в зоне окисления дает основание предположить о составе первичных руд (Кочарян, 1969).

В минеральном составе руд участвуют: флюорит, биотит, уранинит, метаторбернит, водные окислы железа и марганца, а также ряд редкоземельных элементов церий-лантановой группы. Руды Тежсарского проявления отнесены к уранинит-флюорит-биотитовому типу. В рудах установлены также бастензит, монацит, дернит, корделит, гадолинит, пирохлор, ортит, циркон (Бабаджанян, 1965).

На проявлении выделяются три этапа рудообразования; флюорит образовался во всех трех этапах, но совместно с биотитом во втором и третьем, а в ассоциации флюорит-биотит-уранинит только в третьем этапе. Уранинит в зоне окисления преобразовался в метаторбернит (Кочинян, 1961). Спектральными и химическими анализами в рудах установлены высокие содержания Ce, La, Ga, It, Tb, Nb, Ta, Be, Hf. Сумма редких земель (La + Ce) колеблется в широких пределах и составляет 2,8-5,89% (по данным химанализа). Кроме того, в рудах установлены: железо (1-3%), марганец (0,03-1,5%), ванадий (0,03-0,2%). Следует отметить, что концентрация редкоземельных элементов наблюдается в западной части вулканогенной кровли в междуречье р.р.Уляшик и Тежагет. Процесс гидротермального рудообразования протекал в средне-низкотемпературных условиях. Урановое оруденение наложено на редкоземельное.

Таким образом, на Тежсарском проявлении наблюдается совместное проявление пневматолито-гидротермальных высокотемпературных редких земель и сравнительно низкотемпературных

гидротермальных минералов урана, флюорита и биотита (Кочарян, 1969).

Проявление представляет промышленный интерес как комплексное сырье, и следует организовать детальные поисково-разведочные работы в основном на участках с относительно высоким содержанием радиоактивных минералов (урана и тория), т.к. здесь концентрируются повышенные содержания редких земель (участки Уляшик, Тежагет, Омар). На участках с повышенным содержанием редких земель ураноносность не установлена.

Геотипами уран-торий-редкоземельного типа руд являются Стрельцовский рудный район (РФ), Дорнот (Монголия), Сианьшань (Китай).

3.4. Эпитермально-инфильтрационные рудопроявления. Золото-уран-железистый тип в андезитовых туфобрекчиях

Зовашенское проявление урана расположено в 2 км к северо-востоку от с.Зовашен Араратского марза, в ущелье р.Зовашен. Участок сложен туфобрекчиями трахитов и андезитов олигоцена, перекрывающихся покровом андезитов миоплиоцена.

Образования олигоцена имеют широкое распространение, мощностью 100-120 м, интенсивно изменены, обохрены, а также пиритизированы. В ущелье р.Зовашен в них установлена вторичная урановая минерализация, представленная "различно окрашенными урансодержащими гиалитом, отенитом и уранофаном" (Кочарян, 1969). Содержание урана прямо пропорционально степени интенсивности изменения рудовмещающих туфобрекчий. В этом сказалась сорбирующая роль водных окислов железа. Глубина распространения урановой минерализации на этих участках колеблется в пределах 1,5-7 м, при среднем содержании урана 0,2% (от 0,028 до 0,671%). Выходы урановой минерализации опоиствованы короткометражными подземными выработками. В большинстве случаев оруденение морфологически представлено линзами в пиритизированных, почти черных туфобрекчиях андезитов (цвет урановой черни).

Зовашенское проявление относится к инфильтрационным месторождениям собственно уранового типа. По данным П.С. Саакяна и др. (1955), рудопроявление возникло за счет выщелачивания и переотложения урана из пород миоплиоценового возраста, широко представленного в районе в виде экструзивных и эффузивных трахириолитов и трахиандезитов. Процессу выщелачивания и переотложению урана способствовали серно-кислотные воды от региональной пиритизации рудовмещающих пород.

Перспективы Зовашенского проявления связываются с крупной Зовашенской синклинальной структурой, погребенной под покровом андезитов и туфобрекчий миоплиоценового возраста на площади 7км^2 .

Глава 4. НОВЫЕ УРАНОНОСНЫЕ ФОРМАЦИИ АРМЕНИИ

Сведения о радиоактивном сырье вообще и о ресурсах Армении по урану в частности не могут быть в полном объеме рассмотрены, т.к. это стратегическое сырье особой важности и информация по нему либо недостаточна, либо недоступна. Поэтому мы ограничиваемся лишь изложением геологических данных общего характера, обосновывающих перспективы радиоактивных ресурсов республики с учетом возможного строительства нового блока атомной электростанции и ее бесперебойного обеспечения запасами в долгосрочной перспективе. Анализ имеющихся материалов показал, что существующая генетическая классификация и типы урановых руд нуждаются в коренном пересмотре, т.к. должным образом не учтена роль гипергенных процессов при формировании уранового оруденения и не охвачено все многообразие генетических особенностей урановых месторождений, поскольку каждый регион, провинция или пояс имеют свои отличительные особенности. Это в полной мере относится и к Армении, которая нами рассматривается как перспективная золотоураноносная провинция с характерными рудопроявлениями инфильтрационного эпитермально-инфильтрационного и жильно-магматогенного типа [1].

Исходя из вышеизложенного, в настоящей работе впервые анализируются обобщенные данные по вновь выделенным ураноносным формациям. Рассматриваются три формации с золотоуран-железистым и урановым типом оруденения: покровы вторичных кварцитов меднопорфировых систем, разновозрастные терригенно-углесланцевые комплексы и жильно-магматические граносиенит-аплиты завершающей стадии эоцен-олигоценового магматического цикла.

4.1. Гидротермальные рудопроявления

4.1.1. Граносиенит-аплиты эоцен-олигоценового магматического комплекса

Нашими исследованиями было установлено: что, **во-первых**, рудно-магматические системы генетически едины как для месторождений меднорудной, медно-молибденовой и золотополиметаллической формаций, так и для уранового оруденения; **во-вторых**, перспективы радиоактивного сырья связаны с комплексными уран-торийсодержащими рудами; и, **в-третьих**, уран-ториевое оруденение формируется на поздних этапах развития рудогенной системы. Первый вывод нами был подтвержден открытием новой уран (медно-)золоторудной формации покрова вторичных кварцитов над апикальными частями меднопорфировых многоэтажных рудно-магматических систем, описанных в разделе 4.2.1. Для подтверждения третьего вывода о том, что ураноториевое оруденение проявляется на завершающих этапах развития рудно-магматических систем, нами были проведены специальные поисковые работы и опробованы дайкообразные тела граносиенит-аплитов. В настоящей статье рассматриваются результаты этих исследований (Алоян, 2009).

Эоцен-олигоценый магматический комплекс прослеживается через всю территорию республики, простираясь на северо-запад в Грузию и на юго-восток в Иран. Комплекс сложен измененными вулканогенными, вулканогенно-осадочными и средне-кислыми вулканогенно-обломочными образованиями эоцена, которые прорваны многочисленными крупными и мелкими интрузивными телами различного состава (преимущественно гранитоидами), экстрюзиями (субвулканическими телами) вулканических и вулканобломочных купольных тел андезитового, андезитодацитового состава и их брекчий; габбро, габбро-диоритов; гранит-аплитов, жильных монцосиенитов и др. Интрузивные тела завершающих стадий развития рудно-магматических систем характеризуются нелинейным проявлением с учетом глубины источника и состава, а также повышенной щелочности и трансмагматической рудоносности.

Эоцен-олигоценый вулканоплутонический комплекс является наиболее благоприятной рудовмещающей средой для локализации оруденения и включает ряд крупнейших рудно-магматических систем, контролирующих пространственное размещение крупных месторождений меднорудной, медно-молибденовой, золоторудной и полиметаллической промышленных формаций Армении. И сегодня этот комплекс является предметом детального изучения, т.к. его перспективы окончательно не выяснены.

В пределах Овтамечского участка, на водоразделе Зангезурского хребта, мощный комплекс средне-верхнеэоценовых вулканогенных, вулканогенно-пирокластических и вулканогенно-обломочных пород прорван многочисленными мелкими выходами интрузивных пород основного и кислого составов (вдоль зон разломов), а также центральными многочисленными купольными экструзиями брекчий, андезитов и андезитодацитов. Весь разрез эоцен-олигоценового комплекса прорван жильными образованиями различного состава повышенной щелочности завершающей стадии вулканоплутонического комплекса, в том числе порфиroidными граносиенит-аплитами, кварц-баритовыми жилами и монцосиенитами.

Граносиенит-аплиты сложены микропертитовым калишпатом (микроклином), серицитизированным плагиоклазом, кварцем, рудными непрозрачными минералами, вторичными окислами и гидроокислами железа (гематит, гетит), а также акцессорными монацитом, цирконом, по-видимому, и ксенотимом. Структура жильно-магматических пород порфиroidная. Она обусловлена присутствием мелких фенокристаллов плагиоклаза размерами от 1 до 2-3 мм в длину. Плагиоклазы интенсивно серицитизированы. Они полностью замещены тонкими и тончайшими чешуйками серицита и превращены в агрегатные псевдоморфозы серицита. Изредка отмечаются частично серицитизированные таблитчатые плагиоклазы, в которых ясно видно полисинтетическое двойникование.

Кварцевые зерна нередко образуют закономерные прорастания с калишпатом. Они представлены обычно мелкими зернами с неправильными контурами. Количество первичного кварца сравнительно низкое, примерно 22-25%, что характерно для граносиенит-

аплитов. Высокое содержание калишпата по отношению к плагиоклазам свидетельствует о граносиенитовом составе аплитов. Калишпатовое число ($K=K_{шп}/K_{шп}+Пл$) варьирует в пределах от 0,71 до 0,80.

В прозрачных шлифах рудные минералы представлены мелкими зернами неправильной формы. Это первично-гидротермальные, непрозрачные, неправильной формы, а также изометричные, округлые зерна. Часто, окисленные, они превращены во вторичные окислы и гидроокислы красновато-бурого цвета. Для граносиенит-аплитов характерны редкие земли, радиоактивные элементы и акцессорные минералы – монацит, циркон, ксенотим. Последние представлены идиоморфными агрегатами, бесцветными короткопризматическими кристалликами с пирамидальными вершинами, с высоким рельефом и сильным двупреломлением (выше 0,045). В шлифах, обычно в мелких кристалликах, эти минералы практически неотличимы. Рудная минерализация является постмагматической. На это указывают неравномерно рассеянная вкрапленная минерализация и кварц-рудные прожилки в граносиенит-аплитах. Кроме жильных пород, присутствуют акцессорные минералы – монацит, циркон ($\approx 1\%$). В этих минералах обычно наблюдаются в значительном количестве примеси урана и тория. Рассеянные формы выделений радиоактивных, элементов, вероятно, могут быть и в полевых шпатах (плагиоклаз, калишпат), в светлых слюдах (серицит, мусковит), в биотитах. Рудная минерализация приурочена к серицитизированным и карбонатизированным граносиенит-аплитам, по-видимому, и граносиенитам, в частности, к участкам более позднего карбонатного метасоматоза. Основными рудными минералами, которые являются как бы “сквозными” и проявляются повсеместно, являются пирит, гематит и рутил. Редко встречаются зерна халькопирита и галенита.

Обращает на себя внимание группа урановых слюдок – это, по предварительным оптическим данным, уранофосфаты кальция и меди – отенит $[Ca(UO_2)(PO_4)_2 \cdot 8-12H_2O]$ и метаторбернит $[Cu(UO_2)(PO_4)_2 \cdot 8H_2O]$, а возможно, и фосфат тория – монацит- $(CeLaYTh)(PO_4)$. Они представлены единичными разрозненными

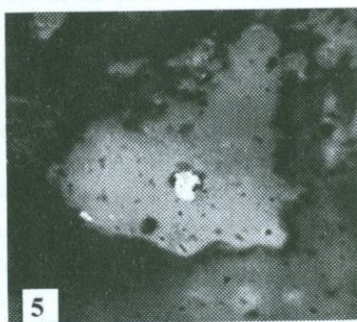
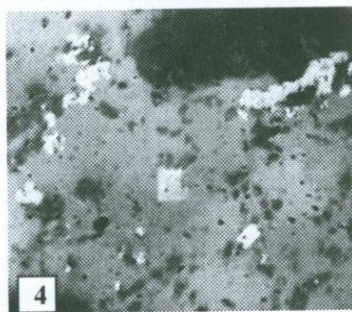
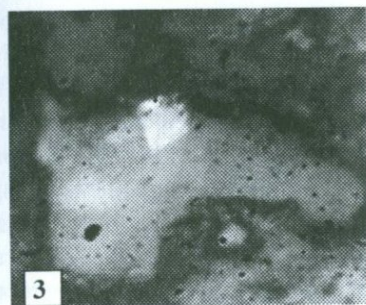
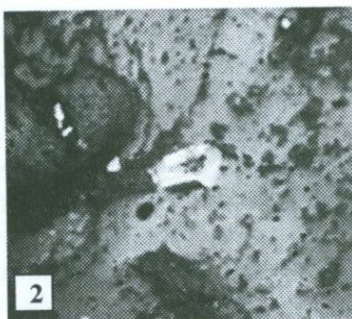
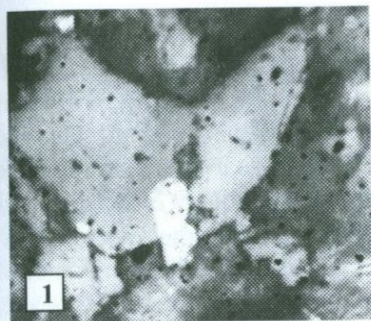


Рис. 2. Морфологические разновидности кристаллов отенита (метаторбернита) в граносиенит-аплитах, ув. x250, аншлиф.
1-2-призматический кристалл отенита; 3-отенит ромбического сечения; 4-отенит прямоугольного сечения; 5-полусферический (фрамбоидный) кристалл отенита

включениями в виде таблитчатых, ромбических, призматических, квадратных, а иногда и полусферических образований (рис. 2). В ряде случаев образование отенита связано с замещением в метаторберните катиона меди кальцитом. По данным петрографических исследований (как уже было отмечено), в граносиенит-аплитах установлено проявление калиевого (серицитизация) и более позднего карбонатного метасоматоза. Наличие меди в виде халькопирита в граносиенит-аплитах увеличивает вероятность образования торбернита или метаторбернита. Для минералов этой группы характерны очень низкая отражательная способность ($\approx 9-10\%$) и очень сильное внутреннее свечение в желто-оранжевых тонах, местами переходящих в сине-зеленые.

Граносиенит-аплиты секутся тонкими кварц-рудными прожилками размерами от доли миллиметра до 2-3мм. Прожилки имеют симметричное строение. В зальбандах видны плотные скопления рудных минералов, которые распределены параллельно простиранию жил. Центральная часть жилок сложена кварцем, чешуйками серицита, а также плотным тонкодисперсным карбонатным веществом. Пятна тонкодисперсного карбоната рассеяны также в основной кварц-полевовшпатовой массе аплитовых жил.

С повышением количества щелочных элементов (в частности, калия) и щелочности пород следует ожидать повышения содержания урана и тория. Следует отметить, что ведущая роль в концентрации радиоактивных элементов (кроме собственных минералов урана и тория) принадлежит аксессуарным минералам – монациту, циркону и ксенотиму. В них может быть заключена большая часть радиоактивных элементов породы. Радиоактивные элементы в аксессуарных минералах находятся в виде изоморфной примеси. Приведенные данные хорошо согласуются с результатами новейших минералогических исследований. В связи с тем, что на поздних стадиях минералообразования часть урана выщелачивается из вулканогенных пород, ранее предполагалось, что он в значительной степени связан в виде соединений шестивалентного урана и локализуется по границам зерен и в микротрещинах подстилающих пород. Исследованиями Дж.С. Стаккса и И.Т. Нкомо установлено,

что выщелоченный уран может входить в состав мельчайших зерен аксессуарных минералов, не обнаруженных прежними исследователями (Stuckless, Nkoto, 1980).

Теоретическое обоснование полученных данных о месте уранового оруденения в процессе формирования рудно-магматической системы имеется в фундаментальной работе Дж.Т. Нэша, Х. Гейнджера и С.С. Адамса (1984). Они установили, что в процессе кристаллизации магмы уран накапливается в остаточных флюидах до тех пор, пока не возникают условия для изоморфного вхождения или для образования собственных минералов. Авторы подчеркивают, что в силикатных расплавах в значительной степени поддерживаются довольно низкие значения Eh, что препятствует образованию уранила и его соединений. “Эта обстановка сохраняется вплоть до постмагматической стадии или до тех пор, пока внедрение интрузии в сильно окисленные породы или ее контакт с атмосферой (выход на поверхность) не вызовут возрастания фугтивности кислорода”.

4.2. Эпитермально-инфильтрационные рудопроявления

4.2.1. Покровы вторичных кварцитов меднопорфировых систем

Во всех существующих моделях меднопорфировых систем вообще и, в частности, меднопорфировых месторождений гранитоидного типа (“диоритовой модели” по В.Ф. Холлистеру) в качестве составных элементов выделяются “зоны гидротермально-метасоматических изменений”. Эти метасоматиты (вторичные кварциты различных фаций) в виде “шапки-ушанки” окаймляют апикальные приповерхностные экзо- и эндоконтактовое обрамления гранитоидной интрузии и характеризуются интенсивным развитием процессов окисления, выщелачивания и вторичного сульфидного обогащения. Материнские (первичные) породы этих метасоматитов представлены вулканогенно-осадочными и интрузивными породами. Метасоматиты образуют не зоны (как в зонах разломов), а, скорее, надинтрузивные (надкровельные) покровы-шапки. Формирование оруденения покрова метасоматитов обусловлено

не только формационной принадлежностью месторождения, но и климатическими, морфологическими, гидрогеологическими, структурно-литологическими и другими факторами, в особенности уровнем эрозионного среза, уровнем грунтовых вод и др. Фактически промышленная концентрация оруденения в покровах вторичных кварцитов большей частью обусловлена наложением более поздних экзогенных и гидрогенных факторов, в результате которых процессы гипергенеза и супергенеза получают широкое развитие, вызывая растворение, миграцию и переотложение рудных металлов и радиоактивных элементов, и формируются месторождения более молодого возраста. Оруденение представлено золотомедно-колчеданным, уран-золотомедным, уран-золотым или уран-золоторудно-молибденовым (полиметаллическим) типами, а также некоторыми переходными разновидностями при обилии пиритового вкрапления (Алоян, 2008).

Минералогические особенности покрова вторичных кварцитов обусловлены наличием зоны окисления и зоны вторичного сульфидного обогащения, поэтому их рудная минералогия резко отличается от относительно простой минералогии сульфидных руд.

В покровах вторичных кварцитов зоны минералообразования характеризуются пластовой горизонтальной зональностью, обусловленной уровнем грунтовых вод, интенсивностью эрозии и доступом свободного кислорода. Мощность покрова вторичных кварцитов варьирует в пределах нескольких десятков метров, редко 100, а еще реже свыше 100м и выклинивается с глубиной (в виде опальцевания), в то время как размах массивного сульфидного оруденения исчисляется сотнями метров, а иногда и более.

Таким образом, меднопорфировое ядро гидротермальной системы мы отделяем от железо-гидроокисного золотомедного (молибденового, золотомедно-уран-молибденового) покрова вторичных кварцитов эндогенно-экзогенного (эндогенно-инфильтрационного, эндогенно-гидрогенного) происхождения как по морфогенетическим особенностям, так и по вещественному составу и обогатимости, а также по возрасту.

В зарубежной литературе о золотоносности алунитовых пород первые сведения приводятся в работах начала XX века (Lindgren, Ronsome, Лебедев, Обручев и др.). Идея о рудоносности вторичных кварцитов получила дальнейшее развитие при изучении меднопорфировых месторождений (систем) ведущими советскими (А.Н. Соловкин, Н.И. Наковник, И.Г. Павлова, В.А. Перваго, М.Б. Бородаевская, А.И. Кривцов и др.) и зарубежными (Hollister, Sillitoe, Титли, Бин и др.) геологами. В современной геологической литературе среди эпитермальных месторождений выделяются главным образом высокосульфидные месторождения золото-алунитового подтипа (Sillitoe, 1991). Месторождения этого типа широко развиты в Южно-Американском сегменте Тихоокеанского пояса. Крупнейшими эпитермальными золоторудными месторождениями являются: Лэдолэм (1200т, о-в Лихир), Янакоча (870т, Перу), Поргера (550т, Новая Гвинея), месторождения пояса Колорадо: Крипл-Крик (800т), Раунд Маунтин (310т), Комсток (280т), Голдфилд (160т), а также Паскуа (340т), Пьерина (310т), Эль Индио (300т) и др.

Месторождения типа ЮСГ (железо-гидроокисного-медно-золотого), т.е. в принципе те же медно-золотоносные вторичные кварциты, имеют широкое распространение в мире. К ним относятся уникальные месторождения с огромными запасами при низких содержаниях полезных компонентов (Au – 0,25-0,8г/т; Cu – 0,6-1,6%) – Канделария и Эль Индио (Чили), Олимпик Дам (Австралия), Кайрагач (Узбекистан), Саммитвилл и Лейк Сити-2 (США), Лепанто и месторождения “мобильного пояса” (Филиппины), Джулкани (Перу), Пуэбло-Вьекко (Доминиканская Республика), Нанасацу (Япония), Чауча (Эквадор), Челопеч (Болгария), Чжинкуаши (о. Тайвань), Покровское, Белая Гора, Озерновское (Россия).

Интересные данные по вторичным кварцитам и, в частности, по алуни-кварцевым породам Армении впервые приводятся в статьях П.И. Лебедева (1928), В.Н. Котляра (1945), а в дальнейшем в работах И.Я. Центер и Е.А. Розиновой (1972), Г.А. Саркисяна, С.В. Мартиросяна, Э.Х. Харазяна (1982), а также в рукописных от-

четах по геологической съемке территории Вайоцзорского и Южносеванского районов и в некоторых фондовых материалах. Отмечено, что установленная зональность (снизу вверх) – пропилиты, аргиллизиты – алунитовые и каолиновые кварциты – монокварциты и опалиты – очень хорошо вписывается в общую схему для молодых вторичных кварцитов и, в частности, для кальдеры вулкана на месторождении Серное Кольцо (о. Парамушир), а также для третичных гидротермально измененных пород Срединного Камчатского хребта (вулкан Алней) (Центер, Розинова, 1972).

До наших исследований вторичные кварциты (и их фации) Армении в основном рассматривались и разведывались как алюмосиликатное сырье для производства стекла и стеклотары, стройматериалов и глинозема (в особенности алуниты), абразивных, огнеупорных и кислотостойких материалов, динасовых изделий, ферросилиция и как флюсовый материал в медеплавильном производстве.

Проблема металлоносности вторичных кварцитов как нового формационного вида рудно-силикатного сырья выдвинута нами в новой интерпретации по материалам Армении. Эта проблема находится на стадии разработки, однако новый фактический материал по Техутскому, Тандзутскому, Анкадзорскому, Зангезурскому и Вайкскому рудным полям и районам Армении и Вардадзорскому рудному полю Нагорно-Карабахской Республики свидетельствует об их перспективности на золото, медь, молибден, уран и другие полезные компоненты.

Отметим, что за последние годы (2006-2008) в Армении фирмой “Geoteam” в сотрудничестве с фирмой “Lydian International” и при финансовой и организационной поддержке фирмы “NewMont Mining” впервые открыто крупное высокосульфидное эпитермальное золоторудное месторождение Амулсар с характерным порфириновым ядром и четко выраженным полигенным вулканическим куполом, состоящим из серии дискретных центров окварцевания, вытянутых в северо-западном направлении. Запасы утверждены и взяты на госбаланс.

Интересные данные нами получены также по Вардадзорской меднопорфировой системе с участками Еркатадзор, Цахкашен и Чанкатах, где так же интенсивно развиты зоны окисления и вторичного обогащения до глубины 100-120м. По прогнозным ресурсам золотоносность покрова вторичных кварцитов меднопорфировой системы оценивается как крупное месторождение при среднем содержании золота 0,4-1г/т, серебра –2-6г/т и меди – 0,6-1,36%.

Аналогичные данные нами получены по Тандзутской и Техутской меднопорфировым системам.

Ниже приводится краткая характеристика одного из интересных рудопроявлений Армении – **Хачинсар**.

В пределах проявления, на данной стадии изученности, обнаружены минералы урана: отенит, торбернит, метаторбернит, уранинит и разновидности настурана. Отенит образует сростки кристаллов в виде коробок. Метаторбернит образует кристаллы с розетковидными формами выделений и в виде параллельных сростаний пластинок по 100 и 010. Часто кристаллы метаторбернита замещаются по краям отенитом, а в отдельных случаях замещение происходит с центра кристаллов метаторбернита с образованием очковидных пятнистых структур на фоне вмещающей породы.

Настуран - один из главных безводных окислов урана. Название минерала с греческого переводится как “уплотненный уран”. Строение плотное, скрытокристаллическое. Синонимами настурана являются “урановая смоляная обманка”, “урановая смоляная руда” и “урановая смолка”, что обусловлено смолистым видом минерала и его внешним сходством с цинковой обманкой. В отличие от уранинита настуран преимущественно образует неправильные натечные и почковидные агрегаты, редко – тонкие прожилки. Часто неравномерно распределяется в цементе породы, цементируя зерна с образованием тончайших “шариков” – стяжений. Настуран отлагается в открытых трещинках с образованием тонких прожилочек мощностью до нескольких долей миллиметров. Местами настуран выполняет пустоты, поры и промежутки между кварцем и алунитом с образованием прожилково-вкрапленного, редко – гнездовидного характера оруденения. Форма выделения

шаровидная, почковидная, либо образует очень тонкокристаллические, почти скрытокристаллические агрегаты (рис. 3, 4).

В зависимости от структурно-текстурных особенностей и различных соотношений окислов урана нами выделяются три разновидности настурана с учетом наличия четырех природных его разновидностей с соответствующими кристаллохимическими формулами. Настуран часто встречается в низко-среднетемпературных урановых месторождениях и выпадает в условиях температур от 100-150 до 350°C.

Урановые минералы – отенит, торбернит, метаторбернит, уранинит и настуран – характерны для зоны окисления урановых месторождений. Содержание урана в отените и метаторберните составляет 48-53%. Урановая минерализация прослеживается в приповерхностном прослое пока до глубины 150м, т.е. в пределах вторичных кварцитов. Содержание урана в кварцитах колеблется в широких пределах – от тысячных долей до 0,5% при среднем значении 0,025 %.

На рудопроявлении урановое оруденение носит рассеянный характер с неравномерным и убогим оруденением штокверкового типа. С генетической точки зрения, это эндогенно-экзогенное оруденение, возникшее в результате перераспределения и переотложения U в зоне гипергенеза при его эндогенном первичном источнике.

Следует отметить, что ураноносные вторичные кварциты характеризуются сильной лимонитизацией. Порода пропитана крапленниками и цепочковидными прерывистыми выделениями магнетита с включениями гематита, маггемита и гидроокислов железа. На этом фоне выделяются мельчайшие включения (до 3-5мкм) пирита, самородной меди, золота, халькопирита и рутила.

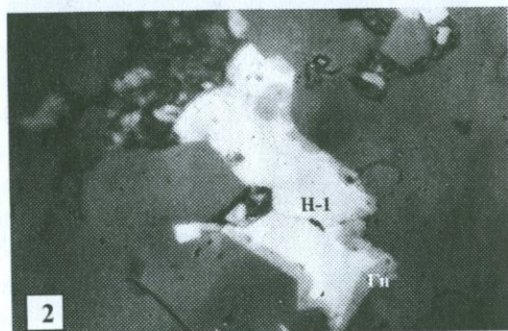
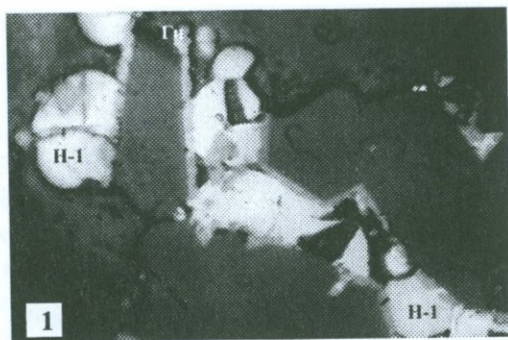


Рис. 3. Формы выделения урановых минералов во вторичных кварцитах, ув. х400, аншлиф.

1-шарики настурана-1 (Н-1) и прожилки колломорфного гидронастурана (Гн) в кварце; 2-настуран с каймой гидронастурана в кварце; 3-сфероиды (шарики) настурана со структурой "разбитой тарелки" в кварците.

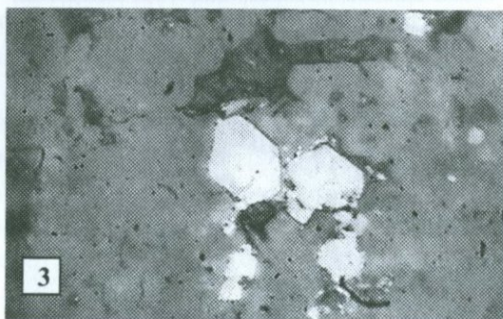
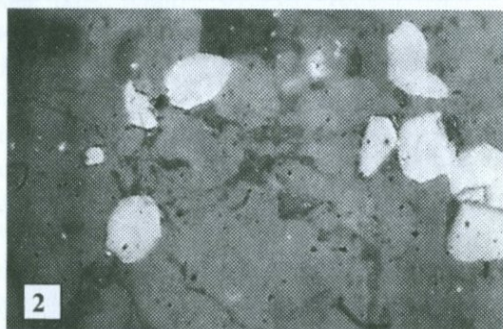
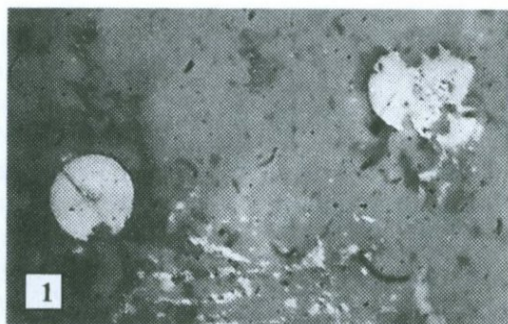


Рис. 4. Формы выделения урановых минералов во вторичных кварцитах, ув. х400, аншлиф.

1-трещиноватые сфероиды настурана в ожелезненном микрокварците; 2-3-кристаллические индивиды настурана со сглаженными контурами и кристаллогранями с сильными внутренними рефlekсами и без них

4.2.2. О возможной ураноносности рифтогенных конгломератов и конглобрекций Мегринского разреза

Полный разрез терригенно-углесланцево-континентальных отложений Мегринского разреза приводится по материалам наших исследований с использованием литературных и фондовых источников (Алоян П., Алоян Г., 2003-2010) (снизу вверх):

1. Базальные конгломераты мощностью 50-70м выделяются впервые. Горизонт конгломератов залегает на неровной поверхности гранитоидного массива Мегринского плутона и обнажается на правом берегу р.Мегри вдоль дороги, ведущей к развалинам сел.Нор-Аревик. На левом берегу горизонт конгломератов не прослеживается. Мощность базальных конгломератов переменная. Размер обломков от 0,2-0,5 до 5-10см. Обломки окатанные, округлые, валунообразные, редко встречаются слабо окатанные, даже остроугольные. Обломки представлены интрузивными и эффузивными породами различного состава. Обломки конгломератов пестроцветные: белесые, зеленые, голубоватые, вишневые, темно-серые. В основании горизонта обломки карбонатизированы, выше хлоритизированы и каолинизированы. Цемент конгломератов преимущественно терригенно-хлоритовый. Он в основном пепловый с примесью глинисто-железисто-марганцевого состава, с характерным вишневым цветом за счет гематита. В верхней части горизонта базальных конгломератов появляются невыдержанные прослойки голубовато-серых туфоконгломератов, туфопесчаников и туффитов почти черного цвета. Редко встречаются прослойки песчано-глинистых пород и черных аргиллитов, богатых остатками неопределенной фауны. Общее падение горизонта базальных конгломератов западное, северо-западное под углами от 10-15° до 30-35°.

2. Терригенно-углесланцевый комплекс (пачка). Эти отложения по своей относительно малой мощности и ограниченной распространенности в принципе соответствуют подсвите или пачке, однако по сложности геологического разреза и пестроте петрографического состава слагающих терригенных, угленосных, сланцевых, туфогенных, туфообломочных и карбонатных пород, а

также по их генетическим и энергетическим особенностям они отнесены к “комплексу”.

Отложения этого комплекса общей мощностью 50-60м обнажаются в бассейне р.Мегри и прослеживаются к северу от города Мегри, через села Агарак, Тей и Личк. Комплекс согласно перекрывает верхние слои базальных конгломератов с общим падением на запад, северо-запад под углами 20-25°. В основном комплекс сложен чередованием маломощных прослоек (0,2-2м) песчаников, мергелей, алевролитов, аргиллитов, туффитов, туфобрекчий и известняков. Обломочный материал превалирует. Комплекс деформирован в мелкие волнистые складки с сетью разрывов.

Разрез терригенно-углесланцевого комплекса имеет следующий вид (снизу вверх):

1. Нижняя часть комплекса представлена грубозернистыми зеленоватыми песчаниками (часто с шаровой отдельностью) и глинами общей мощностью 18-20м. В песчаниках изредка встречаются мелкие гальки гранитоидов и других пород.
2. Средняя часть комплекса представлена глинами и горючими сланцами, которые к югу фашиально замещаются мелко- и среднезернистыми светлыми глинистыми известняками, а к северу они сменяются глинами шоколадного цвета с многочисленными отпечатками листьев и сетью прожилков ярозита. В них часто встречаются прослойки инфильтрационного гипса (0,3-1см), а в верхах – прослойки гажеподобной массы и чистого белого гипса. Общая мощность пачки 10-15м.
3. Над сланцами и глинами залегает известково-песчано-глинистая пачка с двумя пластами бурого угля общей мощностью 25-30м. Первый пласт угля залегает над верхним пластом горючего сланца и сопровождается тонкозернистым глинистым **известняком с фауной**. Второй пласт угля отделяется от первого грубозернистыми песчаниками (в южной части) мощностью 4,5м. В нижней части пласта также залегает горючий сланец, переслаивающийся прослойками голубой глины. **Тонкозернистые глинистые известняки**, сопровождающие первый пласт угля, выдерживаются по всей площади месторождения и служат опорным горизонтом.

Известняки переполнены створками гастропод и их осколками. Г.Г. Цулукидзе в известковистом аргиллите определены: *Planorbis coquandianus*, *Helix* sp., *Valvata helicoides* Forb. и *Chara* Dub. В.В. Богачевым здесь отмечены многочисленные раковины *Valvata*, реже *Planorbis* и осколки *Anodonta*. А.Л. Тахтаджяном среди растительных остатков определены *Acer pseudoplatanus* L., *Periploca graeca* L., *Cinnamomum lanceolatum* (Ung.) Herr., *Quercus ilex* L., *Laurocerasus* aff. *Cinalis* Roem., *Celtis* cf. *Geabrata* St. А.А. Габриеляном определены: *Melanopsis* cf., *Valvata* sp., *Melania* sp., *Trochus* sp., *Phasianella* sp. и *Planorbis* sp., близкие к гастроподам из верхнетретичных (плиоценовых) отложений бассейна р. Кура. Из рода *Melanopsis* определены два вида: *M.* cf. *Nobilis* Sen. и *M.* cf. *aciminata* Sen., характерные для дуабских слоев киммерийского яруса среднего плиоцена Абхазии. На основании определенной фауны и флоры А.А. Габриелян эти отложения датирует как нижний плиоцен (мэотис-понт) и сопоставляет с лигнитовой свитой Северного Ирана (район Хой и Маку), залегающей над соленосной толщей и содержащей фауну позвоночных. Г.Г. Цулукидзе и В.В. Богачев относят их к плиоцену.

Основная масса породы – глинисто-известковая, переходящая в южной части в известково-глинисто-песчанистую. Она очень тверда и вязка. Цвет известняков светло-серый с голубоватым оттенком, чаще коричневатый, шоколадный с примесью гуминового вещества. Часть известняков массивная, а часть – тонкослоистая. В них часты (особенно в северной части) мельчайшие линзочки, редко – прослойки блестящего черного угля и углистые черные растительные отпечатки. Среди них Г.Г. Цулукидзе определил *Chara* Dub.

Обломки туфогенных образований хлоритизированы, каолинизированы, окварцованы, эпидотизированы, карбонатизированы. Цемент пепловый, терригенный и хлоритовый. Часто встречаются прослойки и желваки фосфоритов, нередко битуминизированные. В приповерхностной части комплекса прослеживаются прослойки гипса, а на участке Хавот – “гипсовый ковер”.

По данным 125 образцов, зольность углей в среднем составляет 67%, влажность – 4%, содержание S – до 3,8%, удельная плотность – 2г/см^3 , содержание летучих компонентов – 10%, тепловорная способность – 4100ккал/кг. Средний химический состав углей имеет следующий вид (%): SiO_2 -31,51; Al_2O_3 – 7,81; TiO_2 – 0,19; Fe_2O_3 – 8,46; MnO – 0,08; MgO – 0,75; CaO – 5,74; P_2O_5 – 0,46; K_2O – 0,22; Na_2O_2 – 0,07; п.п.п. – 44,71. Содержание органического вещества – 55%. По условиям осадконакопления в палеоводоеме существовал сероводородный режим: модуль молибдена (Mo/Mn) равен 0,035 (Алоян Г., Алоян П., 2008).

Рифтогенные красные конглобрекчии обнажаются вдоль Аревикского грабена и достигают максимальной мощности (400м) в верховьях р.Мегри, где образуют скалистые стеноподобные обрывы. В районе Агаракского месторождения мощность красных конглобрекчий составляет 50-70м, а в районе Личкваз-Тейского месторождения – 30м. В целом к югу и северу конглобрекчии выклиниваются. Следует отметить, что в этих же направлениях выклинивается и терригенно-углесланцевый комплекс, в результате чего в районе Агаракского месторождения конглобрекчии непосредственно залегают на гранитоиды Мегринского плутона (Мкртчян, 1958).

Рифтогенные красные конглобрекчии состоят из валунов и гальки преимущественно интрузивных пород и в меньшей степени - эффузивных и осадочных образований. Большая часть валунов представлена плохоокатанными угловатыми, остроугольными обломками, значительно реже встречаются хорошо окатанные валуны и гальки, гравелиты. Вся эта обломочная масса сцементирована грубым песчано-глинистым и песчано-известковым цементом. Среди конглобрекчий встречаются отдельные невыдержанные прослойки и линзы полимиктового грубозернистого песчаника и гравелита, по которым хорошо наблюдается грубая слоистость. В целом конглобрекчии представляют собой субгоризонтально или пологозалегающие отложения, сложенные валунно-галечниковыми породами с кварцевым, кварц-гематитовым (на юге) и туфо-(пепельно-)песчанистым и песчано-глинистым (на севере) цементом.

Преобладает гематитовый цемент, чем и обусловлены буро-красный и желто-красный цвета конглобрекчий. Красные конглобрекчии очень плотные, трудно отбиваются молотком. На этих участках они гидротермально изменены, окварцованы и ожелезнены. Наблюдаются подвижки по небольшим разломам. Местами конглобрекчии слабо сцементированы; цементирующими веществами являются песчано-глинистый, туфо-песчанистый или пепельно-песчанистый материалы. В этих случаях конглобрекчии сероватые.

На основании региональных геологических и геоморфологических (в конглобрекчии врезаны террасы нижнечетвертичного возраста) соображений и стратиграфических сопоставлений с покровными галечниками Гориса и Сисиана А.А. Габриелян (1964) датирует конглобрекчии как верхний плиоцен и стратифицирует их с фаунистически охарактеризованными отложениями апшерона юго-восточного погружения Антикавказа.

На размытой поверхности рифтогенных конглобрекчий горизонтально залегают флювиогляциальные отложения мощностью 20-40м, возраст которых пока точно не установлен. Однако исследованиями Ю.В. Саядяна на основании нового биостратиграфического и климатостратиграфического материала установлено, что в Армении зафиксированы следы двух горных оледенений – средне- и верхнеплейстоценовых (Саядян, 2008). По-видимому, к этому возрасту следует условно отнести флювиогляциальные отложения Аревикского рифта.

Анализы проб на радиоактивность углесланцевых комплексов Армении проводились в ИГЕМ РАН (г.Москва). Геохимические особенности избирательной концентрации металлов и радиоактивных элементов в углесланцах Армении рассмотрены в работе (Алоян Г.П., 2008) и приводятся в разделе 4.3.1.2., здесь же считаем нужным отметить, что радиоактивность углесланцевых комплексов в целом довольно высокая, а индекс радиоактивности составляет 62-115мкр/ч при содержании ОВ от 24 до 61% и отношении K_2O/Na_2O – от 1,08 до 9,74. Имеющийся материал свидетельствует, что углесланцевые комплексы Армении характеризуются тем, что урансодержащие соединения преимущественно накапливаются в

минеральной части угольного вещества. Это обусловлено наличием эпигенетических титановых и ванадиевых барьеров, содержание которых в минеральной части углесланцев, как уже было показано, достаточно высокое. Учитывая ураноносность углесланцевых геотипов мира, а также имеющиеся предварительные положительные результаты по армянским углесланцевым комплексам, можно прогнозировать ураноносность углесланцев Мегринского разреза и рекомендовать проведение специальных детальных исследований по изучению минеральных форм нахождения урана в терригенно-углесланцевых комплексах Армении.

Из рифтогенных красных конглобрекций отобраны две большеобъемные пробы: 1 – из конглобрекций с черным (углефицированным, битуминозным) цементом и 2 – из конглобрекций с красным (гематитовым) цементом. Пробы отбирались со стенок глубоких (3-4м) шурфов, пройденных с целью установления новых опорных вышек линии высоковольтной электропередачи (рис. 5-8.).

Проба 1 (ЛТ-КБ-Ч-1) пропитана гидроокислами железа, но на этом фоне наблюдается цементирующая масса почти черного цвета (углефицированная). Микроскопическое исследование аншлифов показало, что часто наблюдаются зерна самородного **золота** округленной и “звездчатой” форм размерами 3-7, реже – 14 и еще реже – 25ммк. В некоторых зернах наблюдаются червеобразные, ветвистые маломощные прожилки и палочковидные выделения самородной **платины** размерами 7 x 25ммк. Иногда зерна платины комковатые, ксеноморфной формы, размерами 14-40 и реже – 70ммк. Цвет платины чисто-белый, отражательная способность очень высокая. Эффектов анизотропии не наблюдается.

Самородное **серебро** встречается в виде единичных зерен, размерами от 35 до 8ммк.

Проба 2 (ЛТ-КБ-Кр-2) отобрана из красного гематитового цемента. Под микроскопом наблюдается мелкая вкрапленность гематита, пирита, халькопирита и лимонита, размерами до 1-2мм. Самородная **платина** установлена как в основной массе цемента, так и среди мелких обломков нерудных минералов (кварца). Размер

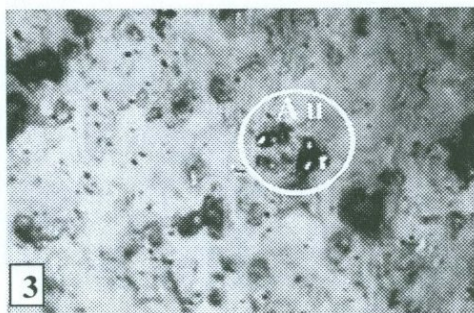
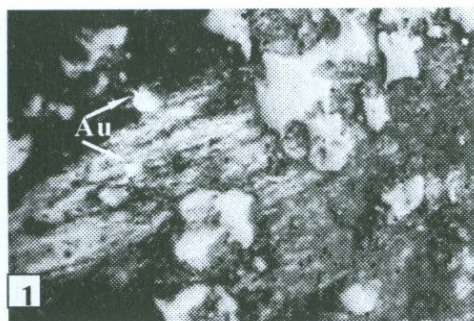


Рис. 5. Выделения самородного золота в черном цементе красных конглобрекций норраревикской свиты. Пр. ЛТ-Кр-Ч-1, сварной аншлиф, ув. x400.

1 - вкрапленники самородного золота, 2 - прожилки самородного золота в трещине; 3 - точечные вкрапленники золота в нерудном агрегате.

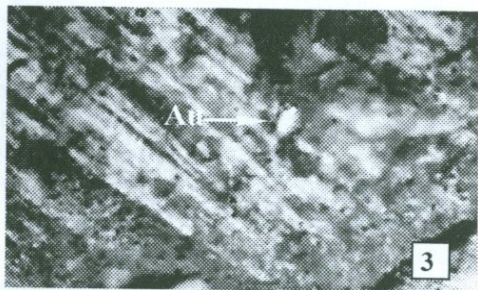
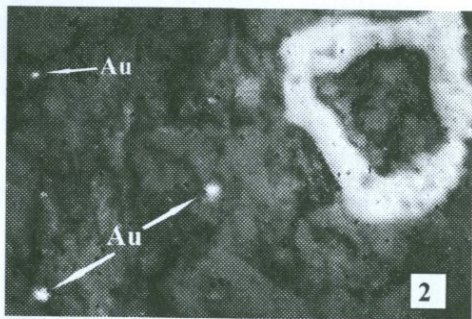
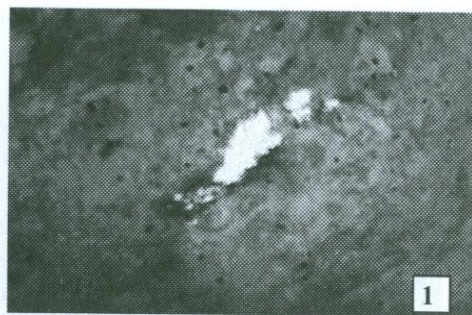


Рис. 6. Благородные металлы в цементе красных конглобрекчий нораревикской свиты. Сварной аншлиф. Ув. х250.

Пр. ЛТ-КБ-Ч-1: 1 - золото-серебряное выделение в массе "черного" цемента; 2 - вкрапленники самородного золота и кольцообразное выделение гидрооксидов железа. Пр. ЛТ-КБ-Кр-2: 3 - вкрапленники золота "в красном" цементе конглобрекчий.

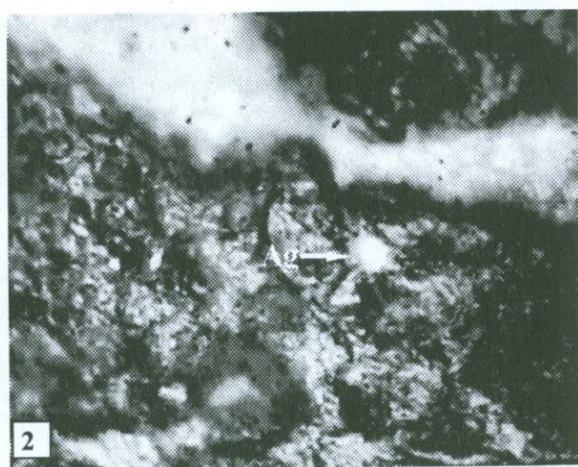
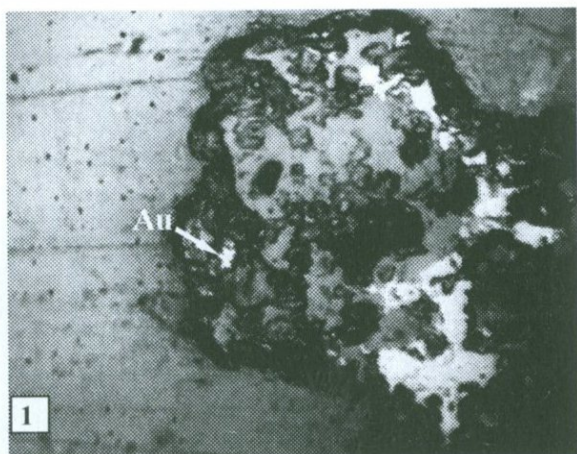


Рис. 7. Выделения самородного золота и серебра в углефицированном (черном) цементе красных конглобрекций нораревикской свиты. Пр. ЛТ-КБ-Ч-1, сварной аншлиф, ув. x250.

- 1 - "звездочка" самородного золота и ксеноморфное выделение гематита;
2 - зерно самородного серебра в цементе конглобрекций.

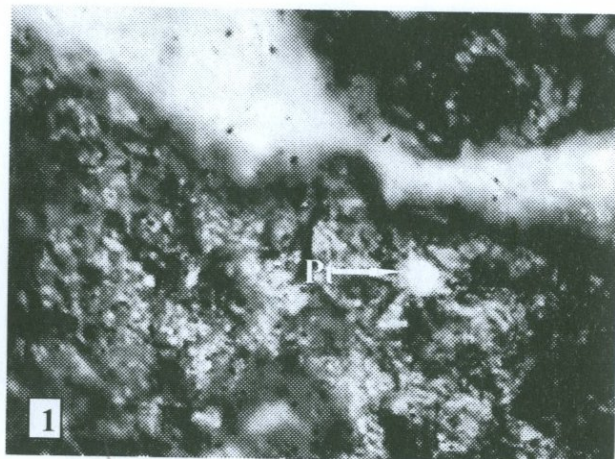


Рис. 8. Вкрапленники самородной платины в цементе красных конглобрекций нораревикской свиты. Сварной аншлиф, ув. $\times 250$.
1 – проба ЛТ-КБ-Кр-2, гематитовый цемент; 2 – проба ЛТ-КБ-Ч-1, углефицированный цемент.

зерен платины достигает 28ммк. Выделения самородного золота имеют удлиненные формы размерами до 10ммк.

Результаты минералогических исследований были подтверждены специальными металлургическими опытами по получению королек благородных металлов. Анализы показали, что содержание золота в черном (черноватом) цементе составляет 1,5-2г/т, а Ag – до 10г/т; в красном цементе конглобрекчий содержание золота составляет 0,71г/т, а Ag – 1-1,8г/т. При этом были специально получены сплавы благородных металлов (Au+Ag+МПГ), соответствующие содержаниям 17г/т по черной пробе и 14,3г по красной пробе. Проведенные опыты подтвердили платино-золотоносность рифтовых конглобрекчий Мегринского разреза и еще раз свидетельствуют о целесообразности проведения детальных поисково-оценочных и разведочных работ с целью оценки их промышленной ценности.

По данным минералогических исследований, рифтовые красные конглобрекчий Мегринского разреза имеют существенно гематитовый состав. В этом плане они сопоставимы с золотоносными конгломератами рудного поля Тырква (Западная Африка), характеризующегося Au-U-S(Fe) оруденением с достоверными запасами в количестве 250т золота.

Имеющийся минералого-геохимический материал и данные о гидротермальном изменении и дислоцированности допускают, что конглобрекчий (как и базальные конгломераты) пропитаны эпитермальным привнесом агрессивного потока газовых и парагазовых флюидов, несущих благородные металлы, по аналогии с ведущими геотипами, а также указывают на вероятно мантийно-нижнекоровую природу источника золота. Важную роль в этом процессе имели глубинные разломы, ограничивающие Аревикский рифт (грабен).

В базальных конгломератах уран обычно более распространен, чем золото. Источником золота и пирита является также более ранняя рудная минерализация. Для урана источником могла служить также палеопочва, которая образовывалась по реголиту, раз-

витуму на молодых гранитоидах Мегринского плутона, богатых калием и кремнием.

Золотоурановые конгломераты третичного возраста известны во многих странах: *эоценовые* – Клондайк, Юкон (Канада), Уинд-Ривер (Вайоминг, США); *миоценовые* – Северный Памир (РФ), Северный Куньлунь (КНР); *палеоценовые* – Пиньон (Вайоминг, США), а также нерасчлененные – Южный остров (Новая Зеландия) и в Японии; *неогеновое* – Нинге-Тогэ (префект Тоттор, Япония).

Д.А. Преториус (1984) допускает, что при окислительных условиях (доступе кислорода и метеорных вод) урановые минералы не сохраняются в химически устойчивой форме, а обломочные сульфиды уступают место окислам железа, т.е. происходит формирование красноцветных отложений. В ряде случаев могло иметь место оледенение, а связанный с ним холодный климат, по всей видимости, способствовал сохранению уранинита и пирита. Возможно, это имело место и в случае с серыми конглобрекциями. Можно предположить, что красные конглобрекции (Агарак–Личк-ваз-Тейский участок) могут представлять интерес на золотое оруденение, а серые конглобрекции – на золотоурановое оруденение. При этом концентрация металлов может быть сингенетической и эпигенетической (наложенной) в различных проявлениях, в том числе эпитермально-инфильтрационной. Эта проблема нуждается в детальном рассмотрении, т.к. все исследователи единодушно отмечают интенсивную дислоцированность и гидротермально-гипергенное изменение отложений Мегринского разреза.

Аналогом Мегринского разреза может служить Балейское месторождение (Забайкалье, РФ), где Балейский грабен выполнен типичными валунно-галечными золотоносными конгломератами с прослойками полимиктовых песчаников и гравелитов. Оруденение здесь штокверковое и жильное золото-адулярового типа в юрско-меловой провинции. Месторождение формировалось в меловое время, а вулканическая деятельность проявилась в юре. Характерно, что эпитермальная золотая минерализация проявилась до завершения осадочного цикла (Сафонов, 2003). Мощность конглобрек-

чий Балейского грабена составляет 300м. Они залегают на гранитоидах (юры) и местами на андезитах. Размер обломков варьирует в широких пределах – от первых мм до десятков см. Рудообразование Балейского грабена связано с корово-мантийными системами при ведущей роли рудоносных парагазовых потоков, достигающих поверхности по разломам. Запасы Балейя оцениваются в 350т золота. А.Д. Щеглов обратил особое внимание на характерную однотипность начальных стадий формирования золотоносных супергигантов, в особенности золотоносных рифтогенных структур Витватерсранда с Балейским месторождением (Щеглов, 1997).

Другим геотипом Мегринского разреза по геологической схожести и ураноносности терригенно-углесланцевых отложений является месторождение Кавак в Киргизии. Юрские угленосные отложения мощностью 700м, выполняющие межгорную впадину, залегают на размытом фундаменте палеозоя, представленного метаморфизованными осадочными отложениями и гранитоидами. Стратиграфически выше угленосных отложений с небольшим угловым несогласием залегают мощная толща третичных конгломератов. Ураноносными являются не только угли, но и сопровождающие терригенные материалы - пески и глины (Некрасова, 1957).

Характерным геотипом Мегринского разреза является месторождение урановых руд Семизбай (Целинский ГХК, г. Степногорск, Казахстан). Месторождение приурочено к эрозионно-тектонической депрессии, выполненной мезо-кайнозойскими отложениями. Фундамент депрессии сложен преимущественно гранитоидами, а на восточном фланге – вулканогенно-осадочными образованиями среднеордовикского возраста. Наиболее ярко выражены системы разломов широтного простирания. Разрез месторождения представлен тремя горизонтами:

1. Конгломератовый горизонт имеет неоднородное строение: переслаиваются конгломераты, галечники, гравелиты на глинистом и карбонатном цементе.

2. Песчанистый горизонт сложен крупно- и среднезернистыми аркозовыми песками и песчаниками с растительными осадками.

3. Алевролитопесчаниковый горизонт.

Оруденение и ореолы рассеяния минерализации установлены на расстоянии 36км, шириной 10км. Промышленное оруденение представлено стратиформными рудными залежами в нижней части разреза – от его базальных слоев до алевролитопесчаникового горизонта включительно.

Выделяются два уровня оруденения: нижний рудоносный горизонт объединяет конгломератовый и песчаниковый горизонты; верхний рудоносный горизонт совпадает с алевролитопесчаниковым стратиграфическим горизонтом. **Залежи представлены сильно завоженными, прерывистыми по площади и мощности стратиформными телами** мощностью от 0,2 до 7,3м, в среднем 2,1м, общей площадью от 4 до 930 тыс.м².

В последнее время в Японии в префектуре Тоттори открыто месторождение урана Нингё-Тогё, представленное ураноносными конгломератами неогенового возраста, залегающими на гранитах и сложенными гранитной полуокатанной и плохо отсортированной галькой и крупными валунами, сцементированными аркозовым материалом^{*)}. В отдельных участках эти конгломераты перекрыты слоем озерных песчаников и аргиллитов.

Урановая минерализация в неокисленной зоне конгломератов представлена черным фосфатом урана, ассоциирующим с пиритом и органическим веществом. Среднее содержание урана на месторождении приближается к 0,05%, на отдельных участках оно достигает 0,1% и даже целых процентов. Наиболее обогащенные ураном конгломераты заполняют впадины в гранитном ложе. Урановые минералы заключены в аркозовом материале, цементирующем гальки и валуны.

По мнению японского геолога Нобуо Катаяма (1959), конгломераты Нингё-Тогё являются пролювиальными отложениями с супергенной урановой минерализацией, источником которой послужили массивы окружающих гранитов. Из этих гранитов уран

^{*)} Описание месторождения урана Нингё-Тогё полностью приводится по материалам А.А. Ягжина (1961).

выщелачивался и первоначально накапливался в озерных отложениях Нингё-Тогё одновременно с последними. Накопление урана протекало в закрытом бассейне в условиях полужасушливого климата. Сорбентом урана были глинистые минералы. Обогащение ураном осадков в депрессиях подстилающих пород или в древних руслах рек связано с повторными процессами экстракции и осаждения урана.

Промышленные концентрации урана могут быть также образованы в песчаниках, в случае привноса в них урана грунтовыми водами с участков, где возможно его выщелачивание. Подобные месторождения тоже известны. Накопление урана в виде урановых слюдок наблюдается также в аллювии речных долин, но этот случай является крайне редким (подобное формирование месторождений урана весьма нехарактерно).

Особенности накопления урана в конгломератах и песчаниках позволяют наметить следующие поисковые предпосылки:

1. Наличие депрессий, выполненных кластическим материалом – от грубых конгломератов до тонкозернистых водопроницаемых песчаников, по которым возможно движение грунтовых вод.

2. Развитие в обрамлении депрессий кислых интрузивных или излившихся пород с повышенным содержанием урана, которые могут явиться источником сноса урана в депрессию поверхностными и подземными водами.

3. Присутствие в породах депрессии в водоносных горизонтах пирита, органического вещества и тонкокластического материала, которые могут способствовать, с одной стороны, восстановлению урана до U^{4+} , а с другой – его адсорбции из грунтовых вод.

Таким образом, вышеизложенный новый фактический материал и результаты специальных металлургических опытов, с учетом литературных и фондовых материалов, дают нам основание рассматривать весь Мегринский разрез (в составе базальных конгломератов, терригенно-углесланцевого комплекса и рифтогенных конглобрекчий) вместе с подстилающими ее гранитоидами Мегринского плутона как перспективное на золото-уран-редкометалль-

ное оруденение с огромным прогнозным потенциалом крупного месторождения типа Au-U-S (Fe).

4.3. Инфильтрационные (водородно-хемогенные) рудопоявления

4.3.1. Терригенно-углесланцевые комплексы

4.3.1.1. Ураноносность углесланцев мира (обзор литературы)

Первые сведения об урансодержащих углях появились в 1875 г. в описаниях Бертауда по шахте Лейден (Денвер, штат Колорадо, США).

Исследования по радиоактивности терригенно-углесланцевых комплексов получили новый импульс после открытия американскими учеными А.Л. Слотером и Дж.М. Нельсоном в 1946 г. урансодержащих углей в районе Ред Дезерт в центральной части штата Вайоминг, а в 1948 г. Д.Г. Уайнетом и Е.П. Берони – урансодержащих лигнитов*) в палеоценовой свите Форт Юнион в северной части Великих равнин (шт.Северная Дакота). По меткому выражению Я.Э. Юдовича, началась “подлинная эпидемия урановой лихорадки”, в результате которой “подобно тому, как изучение германия в углях двинуло вперед геохимию углей, так и изучение урана дало мощный толчок изучению геохимии черных сланцев” (Юдович, Кетрис, 1994). Были выявлены новые месторождения радиоактивных лигнитов в штатах Айдахо, Нью-Мексико и Вайоминг. В дальнейшем урансодержащие углесланцы были обнару-

*) Под термином “лигнит” в США понимают бурый уголь калорийностью более 8300 британских тепловых единиц (Btu). Термин “бурый уголь” употребляют только для мягких бурых углей калорийностью менее 8300 Btu. К суббитуминозным углям относят угли, примерно отвечающие маркам длиннопламенных и переходных от бурых к длиннопламенным. Различают С, В и А марки суббитуминозных углей, из которых первая близка к лигниту (Юдович, 1989).

жены на обширной территории США, СССР, Швеции, Великобритании, в Центральной Африке, Аргентине и других странах.

Важным рубежом в обобщении материалов по ураноносности углей и сланцев в середине XX века явилась Женевская Международная конференция по мирному использованию атомной энергии (1955 г.). На этой конференции был проанализирован и обобщен (в обзорных докладах) весь накопленный материал в этой области и намечены ориентиры на ближайшее и перспективное будущее. Материалы этой конференции были опубликованы и стали достоянием всех специалистов, занимающихся минерально-сырьевыми ресурсами радиоактивных элементов. К сожалению, советские специалисты свои материалы по ураноносному сырью докладывали и в последующем публиковали по “анонимным” объектам, что нанесло и до сих пор наносит существенный урон развитию геологической науки в этой области и делают почти бессмысленными ссылки на эти работы.

Современный этап в исследованиях металлоносности углей и черных сланцев начался в 1987-1991 гг. с международного проекта “Metalliferous black shales”. По этому проекту в мире и, в частности, в СССР, был проведен большой объем исследований, результаты которых опубликованы и доступны для практического использования и теоретических обобщений. При этом особое внимание уделялось редким и благородным металлам. Для нас большой интерес представляет фундаментальная монография Я.Э. Юдовича и М.П. Кетрис “Элементы-примеси в черных сланцах” (1994).

В настоящее время существует довольно обширная научно-техническая литература по металлоносности углей и черных сланцев, что является надежной базой для теоретических обобщений и выдвижения научно-производственных задач. Опять следует сожалеть, что Кавказский регион выпал из поля зрения международного проекта и углесланцевые комплексы региона остались неизученными на предмет их металлоносности.

Идея о металлоносности углесланцевых комплексов Армении нами была выдвинута в начале 2000 г. и частично реализована.

Прежде чем изложить результаты наших исследований по радиоактивности углесланцевых комплексов Армении, считаем нужным привести краткий обзор литературного материала по углям и сланцам мира, что поможет нам правильно интерпретировать новый фактический материал и наметить важные задачи, подлежащие исследованию в будущем.

Необходимо отметить, что публикации по ураноносности терригенно-углесланцевых комплексов за последние десятилетия значительно сократились и к тому же в России (ранее в СССР) эти материалы засекречены. Поэтому в настоящем обзоре это сказывается, хотя в принципе геохимические особенности концентрации урана в углях и сланцах достаточно хорошо изучены. Имеются обобщающие фундаментальные работы А.А. Ягжина (1961), Х.У. Хейнриха (1962), Л.С. Евсеевой, А.И. Перельмана и К.Е. Иванова (1974), В.И. Данчева (1963, 1972, 1973, 1977, 1980), С.Г. Батурина с соавторами (1965, 1980), Ф.И. Вольфсона и К.Г. Королева (1990), В.Е. Бойцова, Г.Н. Пилипенко и Н.А. Солодова (1999), В.Е. Бойцова и А.А. Верчеба (2008), в которых рассматриваются и анализируются материалы по ураноносности геологических формаций и оцениваются перспективы развития минерально-сырьевых ресурсов отрасли.

Огромный фактический и теоретический материал по геологии урановых месторождений различных генетических типов, по геохимическим особенностям концентрации радиоактивных элементов и вопросам генезиса радиоактивного сырья содержатся в исследованиях советских ученых: Д.Я. Суражского (1953), С.М. Манской с соавторами (1964, 1965), Б.А. Власова и И.М. Воловиковой (1966), А.И. Перельмана (1972), А.И. Тугаринова (1972), Ф.Я. Сапрыкина с соавторами (1973), А.К. Лисицына (1975), С.Г. Неручева (1982), Е.М. Шмариовича с соавторами (1986), Я.М. Кислякова и В.Н. Щеточкина (2000).

Наиболее полные сведения об ураноносности углесланцевых комплексов имеются по месторождениям США. Содержания урана промышленного значения обнаружены в углях и сланцах всего разреза фанерозоя и в более древних отложениях. Урансодер-

жащие угли обнаружены на территории различных штатов США. Основными месторождениями урансодержащих углей являются низкосортные (бурые, высокозольные) угли мелового и третичного возраста в северной части Великих равнин и в Скалистых горах.

Угли (от битуминозных до антрацитовых) палеозойского возраста в восточной части США содержат 0,001-0,005% урана, редко около 0,019% (штат Пенсильвания). Следует отметить, что ураноносные не только угли, но и подстилающие их глины и глинистые сланцы. Содержания те же, однако иногда встречаются глины с содержанием урана 0,017%. В западной части США развиты угли мелового и третичного возраста, которые характеризуются относительно повышенным содержанием урана. Часто встречаются угли с содержанием урана в несколько процентов, на которых проводились добычные работы (штаты Колорадо, Северная и Южная Дакота). Эоценовые полубитуминозные формации Уосеч (округ Суитутер, штат Вайоминг) содержат уран от 0,001 до 0,05% (в золе углей содержание урана от 0,003 до 0,023%), а угли мелового возраста того же типа – до 0,1% урана (округ Сендовел, штат Нью-Мексико). В палеоценовых лигнитах, широко распространенных в сланцевых глинах формации Форт Юнион (Ландлоу, Тонг-Ривер, Сентинал Бютт, а также в штатах Ю. Дакота, С. Дакота и Монтана), содержание урана составляет от 0,001 до 10%**). Добыча лигнитов производилась в Кейв Хиллс (округ Гардинг, шт. Ю. Дакота) при содержании 0,4% U_3O_8 . Было добыто более 600 т лигнитов. Наиболее высокие концентрации урана характерны для угольных пластов, перекрытых галечниками миоценового возраста. В этих углях установлены повышенные концентрации вольфрама, германия, железа, молибдена, свинца, ванадия и редких земель.

**) Данные по урансодержащим углям, лигнитам, битуминозным углям, глинистым и черным сланцам приводятся по материалам Женевской Международной конференции по мирному использованию атомной энергии в 1955г: 1. Геология атомных сырьевых материалов. М., Госгеолтехиздат, 1956, 508с. 2. Геология урана и тория. М., Объединенные нации, 1958, том VI., 966с.

Повышенные содержания урана (от 0,1 до 3-5 и >%) установлены в лигнитах палеоценового возраста в округе Нардинг (шт. Южная Дакота). На месторождении Билли Дейя запасы урана составляют более 5000т при среднем содержании 0,4% U_3O_8 . Добычные работы проводились на месторождениях Лоусам Пит и Хилтон Майн, где в общей сложности был добыт значительный объем руды со средними содержаниями (%): U_3O_8 – 0,34-0,33; V_2O_5 – 0,02-0,04; $CaCO_3$ – 6,1-3,4. Огромные запасы урансодержащих углей были обнаружены в штатах Монтана и Дакота со средним содержанием урана 0,008% (в золе – 0,05-0,1%). В штате Вайоминг обнаружено уникальное шрекингеритовое месторождение ($NaCa_3[UO_2 \cdot FSO_4 \cdot CO_3]_3 \cdot 10H_2O$).

В США было опробовано свыше 200 свит на содержание урана, сложенных черными сланцами различного возраста – от докембрийских до третичных. Богатые ураноносные сланцы сопровождаются большим содержанием органического вещества (в виде растительных остатков), пирита и фосфатного вещества; они содержат мало углекислого кальция и при сухой перегонке дают смолу. Сланцы Чаттануга девонского возраста и стратиграфически коррелирующиеся с ними горизонты на большей части территории восточных и центральных штатов США содержат уран от 0,001 до 0,035%. В черных сланцах Скалистых гор и в районе Великих равнин содержание урана составляет от 0,005 до 0,01%. Возраст отложений различный: от докембрийского до позднемелового.

В Швеции (провинция Нерки) в углях кальме содержание урана составляет около 0,33%. Аналогичные данные получены по углям Йоркшира Великобритании, Центральной Африки (Карри и Ньясаленд), Аргентины (Кукуй и Эской), СССР, Чили, Франции, Португалии, Испании, Австралии, Бразилии и т.д.

Более сложно строение ураново-редкометалльных углей России, Казахстана, Узбекистана и Киргизии, расположенных во впадинах Урало-Алтайского региона и связанных с юрскими отложениями. Большинство объектов здесь связано с инфильтрационными процессами в юрских песчаниках. Ураново-редкометалльное оруденение контролируется зоной окисления и восстановления

в проницаемых песчаниках, а угленосные пласты обогащаются рудными компонентами на тех участках, где они контактировали с урансодержащими растворами. Наиболее крупным объектом является месторождение Кольджат; разведаны Туракавакское, Джильское, Нижнеилийское, Бозщакольское и Донское месторождения. Установлено, что в бурых углях Кольджатского месторождения кроме урана концентрируются Se, Mo, Cu, Th, Be, Ag; в Джильском месторождении – Mo, Ge, Be, V; в Туракавакском – группа редких земель и Mo (Кисляков, Щеточкин, 2000; Холодов, 2006). Это объекты следует рассматривать как геотипы эпitherмальных ураново-редкометалльных месторождений “пятиметалльной формации” (U, V, Co, Ni, Mo).

Сходные закономерности распределения химических элементов были ранее установлены в других регионах. Исследование угленосных отложений верхнедуйской свиты о-ва Сахалин показало, что максимальное содержание элементов-примесей в углях сопоставимы с их концентрациями во вмещающих песчаниках, алевролитах и глинах, а иногда даже уступают им (Баранов, 1966). При этом характерно, что угли этого региона, имеющие возраст эоцен-олигоцен, находятся на стадии коксующихся, реже длиннопламенных и, несмотря на сравнительно молодой возраст, испытали воздействие эффузивного и регионального метаморфизма (Холодов, 2006).

В.Н. Холодовым (1968, 1973, 2006) детально изучены ураново-редкометалльные месторождения Каратау-Баласаускандык и Джебаглы, локализованных в пределах хр.Каратау. Район представляет собой сложную систему антиклинорий, вытянутую на 400км в северо-западном направлении, примерно параллельно среднему течению р.Сыр-Дарьи. Продольный Ферганский разлом (сдвиг) является границей хр.Большого Каратау на юго-западе и Малого Каратау на северо-востоке, в районе г.Джамбул. В ядрах крупных антиклинорий обнажаются отложения венда и нижнего палеозоя, представленные черносланцевыми толщами и фосфоритоносными отложениями. Углеродисто-кремнистые и углеродисто-глинистые отложения имеют мощность 80-500м и перекрываются карбонат-

ными толщами кембрий-ордовика. Рудоносный горизонт залегает в основании толщи, имеет мощность 9-12м и содержит минералы урана, меди, ванадия и других химических элементов. Содержание урана колеблется в пределах 0,05-0,1%, пятиоксида ванадия – 0,2-2,5%, P_2O_5 - от 3-5% до 24-26%.

На фоне месторождений Баласаускандык и Джебаглы (Казахстан) выделяются единовозрастные с ними (венд-кембрий) золото-платиновое месторождение Мурунтау (Узбекистан), золото-вольфрамовое месторождение Кумтор (Киргизия), ванадий-уран-селеновое и вольфрам-киноварь-висмутовые рудопроявления Янзюзятяня и Душаная (юго-западный Китай), молибден-вольфрамовые месторождения Пхеньяна (Корея). Особое место занимают кварцевые сланцы южной Швеции, в которых установлено очень высокое содержание U и V (Хейнрих, 1962).

В девонских (пенсильванских) углеродистых сланцах Чаттануга (шт.Теннесси, Алабама, Кентукки, США) известны высокие содержания U, Mo, Sn и As. Молибденовый модуль этих образований позволяет однозначно отнести их к бассейнам с ярко выраженным сероводородным заражением вод.

В пермских углеродисто-кремнистых сланценосных толщах формации Фосфория, в месторождениях шт.Айдахо (США) содержится от 1,5 до 2,5% V_2O_5 , до 0,1% Mo, до 0,3% Ni, до 0,1% Se. Хорошо изучены также пермские (цехштейновые) углеродистые сланцы Мансфельда (Германия), в которых накапливались Cu (1-5%), Pb (0,5-0,6%), Zn (до 0,5%), а также Ag, U, V, Ni, Co, Mo.

В целом, геохимическая специализация черносланцевых толщ заметно эволюционирует во времени: от золоторудной в архейских зеленокаменных поясах она переходит к U-V-Mo-W в венде и кембрии, затем к U-V-Mo в верхнем и среднем палеозое (Холодов, 2006).

Уран обычно относят к наиболее биофильным элементам, что связано с токсичностью его соединений. По мнению Я.Э. Юдовича, этим объясняется тот факт, что поглощение урана растениями ограничено физиологическим барьером; среднее содержание урана

в золе растений суши варьирует в пределах 0,1-0,5г/т (Юдович, 1989).

Концентрация урана в углеродсодержащих веществах дало основание некоторым исследователям предположить, что уран был адсорбирован живыми растениями и животными. Исследования Дж. Гоффмана в неураноносном районе Вены и Г. Кэннона в ураноносной провинции плато Колорадо показали, что различные растительные вещества и животные, адсорбирующие уран из растений в процессе пищеварения, в принципе содержат ничтожное количество (1-3ррт) урана, крайне недостаточного для того, чтобы объяснить наличие больших концентраций (процентов) урана в углеродсодержащих веществах. На основании вышеизложенного делается вывод, что причиной концентрации урана в месторождениях угле-родсодержащих веществ должны быть вторичные процессы (Брегер, Дьюл, 1956).

Интересные данные приводятся о концентрации урана растениями. Считается, что более высокоорганизованные растения слабее поглощают уран, чем низкоорганизованные, т.е. допускается, что в ходе биологической эволюции развивается у растений способность дискриминировать уран. Иначе говоря, палеозойские угли должны быть более ураноносными, чем мезо-кайнозойские (Юдович, 1989). Исследования А.П. Лопаткиной с соавторами показали, что концентрация урана начинается сразу после отмирания растительности и попадания ее в воду, обогащенную ураном, т.е. в результате контакта отмершего растения с водой. Например, в хвое живой лиственницы содержание урана составляет 0,9г/т, в отмершей (опад) хвое – 1,2г/т, а в хвое из мха в мочажине – 76г/т (Лопаткина и др., 1970; Лопаткина, 1967).

В чем причины низкого содержания урана в живом веществе? На этот вопрос дают ответ результаты исследований Л.С. Евсеевой с соавторами (1974), а именно: “главная причина малого содержания урана в живом веществе заключается в ядовитости урана. Растворимость его соединений играет скорее всего отрицательную, чем положительную роль. Известно, что химические элементы 6-ого и 7-ого рядов Периодической системы являются силь-

ными ядами. Таковы ртуть, таллий, свинец и уран. Ядовитость урана определяется именно его химическими свойствами, а не радиоактивностью, т.к. радий, значительно более радиоактивный, чем уран, энергично поглощается организмами.” И далее: “чем проще организовано растение, тем энергичнее оно поглощает уран”, а “семена высших растений значительно более чувствительны к ядовитому действию солей урана, чем микроорганизмы: мхи содержат в золе больше урана, чем высшие растения” (Евсеева, Перельман, Иванов, 1974; Лопаткина, Комаров, Сергеев, Андреев, 1970; Мураками Ю. и др., 1959).

Считается, что сингенетическое накопление урана в торфяниках само по себе не способно образовать концентрации урана промышленного значения. Здесь считаем нужным отметить, что в очень древних органических комплексах – в докембрийском “углероде” Баброско в Южной Африке или в кембрийском кальме Швеции – уран имеет, по всей вероятности, водорослевое происхождение, а тухолит (углеподобный углеводород, твердый битум), встречаемый в Канаде, имеет магматическое происхождение, при этом допускается, что органическое вещество произошло из нефти, которая просачивалась из палеозойских пород (Брегер, Дьюл, 1956; Ягжин, 1961). Интересный случай наложения эпигенетического рудного процесса на слабое сингенетическое накопление урана приводится В.Н. Данчевым и Н.П. Стреляновым. Анализ фактического материала дает им основание утверждать, что источником урана и других редких элементов являются гранитоиды, а по условиям образования ураноносные угли они относят к классу месторождений экзогенеза, т.е. допускают, что рудные концентрации возникли еще на стадии торфообразования, а последующее эпигенетическое их перераспределение было незначительным по масштабам (Данчев, Стрелянов, 1979).

Многочисленными исследованиями доказано, что наиболее повышенные концентрации урана характерны для наиболее зольных разновидностей бурых углей. Каменные угли имеют невысокую концентрацию, а антрацитовые – в еще меньшей степени. Исследования А.З. Юровского показали, что по мере усиления сте-

пени углефикации угольной массы количество элементов-примесей несколько сокращается, о чем свидетельствуют данные по среднему содержанию металлов в углях некоторых угленосных бассейнов России. Расчеты показали, что почти все металлы в углях в среднем заметно уступают своему кларковому содержанию в стратосфере (Юровский, 1968). Высокосортные малозольные угли, наиболее пригодные в качестве топлива, редко содержат уран. Экспериментальными исследованиями Дж.У. Мура показано, что торф, лигнит и полубитуминозный уголь адсорбируют из водного раствора 98% урана, в то время как битуминозный уголь и антрацит – соответственно лишь 17 и 34%. Дальнейшая (поступательная) углефикация залежей увеличивает плотность (и кристалличность) углей и уменьшает их способность извлекать элементы-примеси из поверхностных, подземных, пластовых и грунтовых вод (Мооге, 1954; Рожкова, 1959). Интересные сведения по данному вопросу опубликованы В.Н. Холодовым. Он отмечает, что переход каменных углей в антрацит в Донбассе сопровождался их молекулярной перестройкой и упрощением молекул, а это, в свою очередь, вызвало высвобождение химических элементов из органического вещества, их растворение в водах и газоводных флюидах и перераспределение внутри угленосной осадочной толщи. В результате возникают формационные связи концентраций элементов-примесей, они накапливаются в различных частях угленосных толщ, нередко в связи с зонами повышенной проницаемости и трещиноватости. Локализация рудопроявлений контролировалась при этом не одним пластом углей, а всей угленосной формацией региона (Холодов, 2006). Аналогичные выводы в свое время сделали Ф.Я. Сапрыкин, В.Р. Клер и А.Ф. Кулачкова (1973). Следует отметить, что по мнению В.Е. Бойцова и А.А. Верчеба, с увеличением степени метаморфизма углей органическое вещество полимеризуется, снижается степень его химической активности и сорбционная способность (Бойцов, Верчеба, 2008).

Исследования также показали, что более 90% урана в лигнитах находится в виде ураноорганических соединений, содержащихся в основном в органическом веществе лигнитов, а не в неор-

ганических примесях – анализиме, ярозите, кварце, гипсе, кальците и глинистых минералах. На этом основании делается вывод, что уран в угле представлен ураноорганическими комплексами, нерастворимыми при pH от 3 до 6 (Вайн, 1958). В издании 1962 года Дж.Д. Вайн говорит об обнаружении корреляции урана в высокозольных углях с кальцием, магнием и железом.

Экспериментальные исследования З.А. Некрасовой показали, что легко уран адсорбируется на угле из растворов его азотнокислых и серноокислых солей. При этом подчеркивается одно очень важное обстоятельство: *“уменьшение размера сорбента и увеличение в нем количества минеральных примесей оказывает положительное влияние на сорбцию”* (курсив наш) (Некрасова, 1957). Нам представляется, что последним обстоятельством, по видимому, обусловлена повышенная концентрация урана в высокозольных бурых углях. Материалы по Армении еще раз подтверждают это предположение (Г. Алоян, 2008).

Здесь считаем нужным изложить точку зрения Я.Э. Юдовича по данному вопросу, которая идет вразрез со всеми имеющимися представлениями. Он считает, что не зольность определяет степень концентрации урана в углях, а ураноносность определяет зольность углей. Я.Э. Юдович, ссылаясь на исследования Дж.Д. Вайна (1962), подчеркивает, что в высокозольных углях он обнаруживает корреляцию урана с Ca, Mg и Fe, в то же время ничего не говорит о том, что наиболее зольные угли могут, например, сорбировать больше урана, чем низкозольные. Я.Э. Юдович считает, что *“скорее должно быть наоборот, поскольку в последних больше органического вещества”* и *“процессы уранового оруденения и выветривания суть одни и те же”* (Юдович, 1989), т.е. делает заключение, что *“высокозольные угли сами по себе не являются предпосылкой для уранового оруденения, а высокая зольность возникает как неизбежный параллельный результат процессов оруденения”*. По его мнению, химизм процесса состоит в том, что образующиеся при выветривании угля гуминовые кислоты связывают не только уран, но и Ca, Mg, Fe, *“давая сильно повышенную зольность”* (Юдович, 1989). Трудно согласиться с этим

утверждением, т.к. в противном случае все высокозольные угли можно рассматривать как урановые руды, что в практике не наблюдается. Постановка вопроса свидетельствует о необходимости в каждом конкретном случае обратить особое внимание на механизм избирательной концентрации урана в углях.

В действительности, как пишет сам Э.Я. Юдович, “ураноносные угли – это лишь ничтожная по своей массе доля мировых запасов углей”.

1. Исследованиями было установлено, что естественная радиоактивность (кларковые содержания) углей на 70-90% обусловлена радиоактивными рядами урана и тория, при почти равных (соизмеримых) долях, и лишь на 10-30% обусловлена калием. Отношение Th/U было близко к таковым в нормальных осадочных породах (2-4г/т), но заметно росло по мере увеличения зольности. Содержания Th и U хорошо коррелируются с величиной зольности, но торий коррелируется сильнее.

2. Исследования показали, что естественная радиоактивность не имеет прямой связи ни с петрографическим составом углей, ни с содержанием в нем аутигенных минералов – пирита и кальцита. Суммарную гамма-активность контролирует только зольность, а точнее ее глинистая терригенная составляющая. Именно в ней находится львиная доля всего кларкового содержания U, Th и K. Сравнительный анализ содержания урана в углях (1-1,5г/т) и во вмещающих аргиллитах (1,4-2,3г/т) показал, что одна только глинистая примесь не может обеспечить необходимое содержание. Делается вывод, что значительная доля кларкового урана в углях должна присутствовать и в составе “сорбционной золь”, т.е. вещество торфа сорбировало некоторое количество урана из торфяных вод.

3. Экспериментальные данные А.П. Лопаткиной и А.В. Коченова показали, что прочное связывание урана из раствора на торфе возможно при условии подщелачивания среды торфяника; в очень кислых средах этого не происходит.

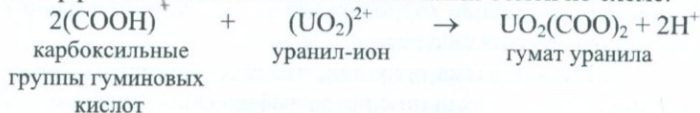
При формировании высокозольных углей и углекислых пород торфяные воды подщелачивались (и обогащались ураном) за счет частичного растворения в них обильной терригенной взвеси. Напротив, при формировании малозольных углей среда торфяного

болота была наиболее кислой, неблагоприятной для сорбционного поглощения торфом урана.

Специальные расчеты И.В. Рязанова показали, что существует сорбционный оптимум, т.е. оптимальное значение рН древнего торфяника – порога зольности, при котором имеют место сорбционные процессы. Определена цифра оптимальной зольности – 70-80%, выше которой углистые породы не содержат сорбционного урана.

4. Я.Э. Юдович (1989) разграничивает механизм “кларковой” и “рудной” концентрации. Отличие кларковых процессов от рудных состоит в том, что первые существенно многофакторны, а вторые существенно однофакторны, т.е. зависят исключительно от значительного привноса урана.

5. Многолетние экспериментальные исследования А. Салаи показали, что процессом связывания урана органическим веществом торфа или лигнита является катионный обмен по схеме:



Последующие исследования советских ученых показали, что процесс связывания урана органическим гумусовым веществом протекает значительно сложнее.

1) В осадке гуминовых кислот уран (VI) эффективно фиксируется в форме нерастворимого гумата уранила на торфе лишь в узком диапазоне рН (между 4 и 5), за пределами которого ураноорганические компоненты являются хорошо растворимыми (Манская и др., 1964, 1975). Максимальное обогащение осадка (82% извлечения урана из раствора) происходит при рН = 4,73. Для фульвокислотной фракции торфов максимальное связывание урана в форме нерастворимого фульвата уранила приходится на значения рН, близкие к нейтральным (7-7,5). При опытах с натриевым карбонатом уранила $\text{Na}_4\text{UO}_2(\text{CO}_3)_2$ максимум связывания с фульвокислотами приходится на рН = 6-6,6. Отметим, что по данным некоторых исследователей, максимальное количество элементов-примесей извлекается бурими углями в восстановительной и слабо-кислой среде, при рН = 5-6 (Лисицын, 1975).

Результаты экспериментов убедительно показали, что отдельные группы гуминовых кислот по-разному взаимодействуют с уранилом, хотя все они способны фиксировать уран в форме нерастворимых соединений в зависимости от pH среды. Распределение урана, захваченного торфом, имеет следующий вид: на гуматы приходится только 10,2%, а на фульваты – 80,5% всего урана (Юдович, Кетрис, 1994).

2) Экспериментальные исследования П.Ф. Андреева и его сотрудников по поглощению урана из раствора нитрата уранила лигнитом, целлюлозой, древесной мукой, т.е. соединениями, в которых еще нет кислых функциональных групп, показали следующее: до начала гумификации поглощение идет почти исключительно за счет образования оксониевых компонентов на целлюлозе и лигните. **Ионный обмен становится возможным только с появлением в органическом веществе кислотных групп.** Позже окислительно-восстановительные процессы внутри сложных ураноорганических комплексов приводят к восстановлению части U(VI) до U(IV), а смесь оксидов четырех- и шестивалентного урана дает псевдоморфозы по исчезающей в результате окисления растительной ткани (Андреев, Андреева, Рогозина, 1962). На этой основе П.Ф. Андреев и А.Т. Чумаченко (1964) предложили схему циклического самопроизвольного накопления урана в ОВ в результате чередования процессов сорбции U(VI) и восстановления его до U(IV), **причем восстанавливается только тот уран, который перешел из раствора в состав органического комплекса.** В результате равновесие сдвигается в сторону извлечения новых количеств урана. Процесс идет до тех пор, пока не будет израсходовано органическое вещество или не прекратится поступление урансоздающего раствора (Евсеева, Перельман, Иванов, 1974).

Электронно-микроскопическими исследованиями А.В. Коченова и соавторов (1971, 1981) показано, что одновременно с сорбцией происходит практически выделение минеральной фазы и при наличии высоких концентраций гумусового органического вещества уран фиксируется из раствора хемосорбционным путем, но затем восстанавливается и частично кристаллизуется в виде кубических оксидов (или коффинита), а также коллоидных выделений вокруг пирита.

6. По данным С.М. Манской и Т.В. Дроздовой (1964), гумусовые вещества углей, торфов или окисленных битумов являются

не единственными органическими соединениями, связывающими уран из природных растворов. Этими качествами наделены также некоторые природные азотистые соединения – особенно меланоиды – продукты взаимодействия белков и углеводов. На это указывала также З.А. Некрасова (1957).

Таким образом, сингенетическое накопление урана, происходящее на кларковом фоне, имеет место не во всех случаях (обстоятельствах). При нормальном торфогенном процессе в кислой среде основная часть урана удерживается в растворе в форме растворимых фульватов и может быть вынесена за пределы торфяника. Осаждения урана можно ожидать, **во-первых**, при существенных подщелачиваниях среды, вплоть до нейтральных значений, и, **во-вторых**, при наличии азотистых соединений, делающих возможной реакцию меланоидообразования (Юдович, 1989).

Петрографические исследования показали, что условия осадконакопления не влияют на концентрацию угля, т.е. не наблюдается зависимости между содержанием урана и петрографическим составом угля. Наиболее разложенный растительный материал адсорбирует наибольшее количество угля. В большинстве американских месторождений мелового и третичного возраста уран адсорбировался углями из грунтовых водных растворов и фиксировался органическим веществом угля. Уран является одной из неорганических эпигенетических составных частей угля. Конечно, петрографический состав угля не играет важной роли в концентрации урана, однако отметим, что физико-механические параметры вмещающих пород (следовательно, и петрографический состав, трещиноватость, дислоцированность и т.д.), играют важную роль в инфильтрационных процессах. Отсюда происходит понятие “проницаемость” пород, что включает не только пропускную – фильтрационную способность, но и пористость, дислоцированность, положение в общей структуре, трещиноватость и т.д. Под проницаемостью пород обычно понимают их способность пропускать жидкость при гидравлическом градиенте (Джобин, 1954). Этот параметр наиболее эффективен для вышележащих и контактирующих с углями пород. Детальное описание таких примеров приводит Дж. Вайн для северной части Великих равнин и для района

Скалистых гор. Большие концентрации урана в угольных пластах наблюдаются вблизи от проницаемых слоев песчаников, независимо от их стратиграфического положения (угольные пласты в эоценовой формации Уосач в Ред Дезерт). Г. Мазурский, рассматривая процесс накопления урана и редких элементов в свитах Уосач и Грин Ривер, отмечает следующее. Самые высокие концентрации урана в углях встречены в наиболее приподнятых участках в Крестон Ридж, где угольный пласт свиты Уосач непосредственно покрыт конгломератами (миоценового возраста). Содержание урана здесь в угольном пласте составляет 0,051%, в то время как пласт, лежащий на 40 футов ниже, содержит менее 0,001% урана. По мнению Г. Мазурского, это обусловлено проницаемостью пород. Оказывается, что песчаники характеризуются водной проницаемостью около 270 миллидарси, а сланцы имеют проницаемость менее 0,1 миллидарси. Широкое распространение концентраций урана и других редких элементов в пластах углей, богатых органическими веществами, сланцах и глинах в контакте с высокопроницаемыми крупнозернистыми песчаниками, дает основание предположить, что эти элементы являются эпигенетическими и привнесены грунтовыми водами, циркулирующими через эти породы. К тому же, уголь извлекает не только уран из раствора, образуя металлоорганические соединения (Мазурский, 1958).

Для некоторых месторождений наблюдается структурный контроль. Самая высокая концентрация урана в Груз Крик была обнаружена вдоль мульды и крыльев широкой синклинальной складки (Ла Вентана Меса, Ред Дезерт). На отдельных месторождениях концентрация урана увеличивается вблизи нарушений — сбросов (Ла Вентана Меса) (Вайн, 1956). В.И. Маккелви с соавторами подчеркивают, что повышенные концентрации урана проявляются в его неравномерном распределении в отдельных пластах, в региональной связи с несогласиями, в местной концентрации по трещинам, в проницаемых пластах и т.д. (Маккелви и др., 1956). Особое внимание проницаемости пород уделил П.Ф. Керр (1956). По данным Ф.Р. Джобина, из пород плато Колорадо сланцы, аргиллиты, эвапориты и известняки считаются породами, не про-

пускающими жидкость, а конгломераты, песчаники считаются пропускающими жидкость породами (Джобин, 1954). В обзорном докладе Комиссии по атомной энергии США в Женеве (1955г) приводится подробное описание проницаемости пород и концентрации урана на наиболее детально изученном месторождении полубитуминозных углей в Грейт Дайвайд Бейсн (округ Суитоутер, шт. Вайоминг). Месторождение шрекингерита приурочено к грабену эоценовых ураноносных углей. Самые мощные (до 12м) угольные пласты залегают сравнительно узкой полосой в мульде синклинали, сложенной невыдержанными пластами сильно проницаемых крупнозернистых аркозовых песчаников и менее проницаемых глин, глинистых сланцев, алевритов, тонкозернистых песчаников и битуминозных сланцев. Наиболее высоким содержанием урана отличаются угольные пласты, перекрытые галечниками миоценового возраста. Как правило, содержание урана возрастает по мере увеличения проницаемости пород (обзорный доклад КАЗ США, 1956).

Интересные данные по проницаемости пород, перекрывающих ураноносные лигниты, приводятся по материалам речных отложений раннетретичного (палеоцен) или поздне мелового возраста, мощностью до 600м, в западной части штатов Северная и Южная Дакота и в восточной части шт. Монтана. Эти отложения перекрываются толщей слабо радиоактивных туфов и бентонитовых глин олигоцена и миоцена, мощностью более 75м. Граница речных отложений и туфогенно-терригенных отложений выражена несогласием. Лигниты, расположенные в непосредственной близости к поверхности несогласия, имеют довольно высокую концентрацию радиоактивного элемента (от 0,005 до 0,02%, в среднем 0,008%). Часто встречаются отенит и метацейнерит ($\text{Cu}[\text{UO}_2\text{AsO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$). В этих лигнитах содержание урана достигает 5%. Предполагается, что уран в лигнитах и каменных углях был выщелочен из вышележащих туфогенных образований.

Урановые минералы не встречаются в углях, где его содержание меньше 0,1%. Урановые минералы образуются в углях только тогда, когда количество урана больше того, что может быть

связано органическим веществом. Однако в отдельных случаях, например, в лигнитах и полубитуминозных углях, встречаются карнотит, отенит, торбернит, коффинит, метацейнерит (Вайн, 1958). Отметим, что впервые в лигнитах (бурых углях) шт.Юж. Дакота в 1954 г. был обнаружен собственный минерал урана – карнотит, что послужило новой “конъюнктурной волной”. При содержаниях урана $>0,1\%$ считается, что уголь можно рассматривать как урановую руду (Юдович, 1989).

Уран в углях проявляется в основном в виде настурана и урановой черни, которые большей частью находятся в тонкорасеянном недиагностируемом состоянии. Морфологические формы проявления настурана в углях многообразны. По описаниям З.А. Некрасовой, он проявляется в виде мелких тонких прожилков, в виде неправильных скоплений и тонкой вкрапленности, редко в форме неправильных зерен, корродирующих эпигенетические кристаллы пирита и сфалерита, а иногда настуран проявляется как цементирующий каркас обломков угля.

Интересные данные по формам нахождения урана в черных сланцах приводят Я.Э. Юдович и М.П. Кетрис. Результаты этих исследований полностью применимы и к ураноносным углесланцевым комплексам. По данным этих исследователей, формы нахождения урана в черных сланцах многообразны, однако доминирующей формой они считают **микроминеральную фазу UO_2** . В зависимости от приуроченности микровыделений UO_2 к той или иной фазе, можно условно говорить о формах $U_{мин}$, $U_{орг}$, $U_{фосф}$, $U_{гли}$ (глинистая), $U_{пир}$ (пиритная) и других “более экзотичных”. Установлено, что в относительно более древних (докембрийских и палеозойских) сланцах отношение $U_{мин} : U_{орг}$ всегда выше, чем в более молодых мезокайнозойских. Я.Э. Юдович и М.П. Кетрис подчеркивают, что несмотря на многообразие современных форм урана в черных сланцах, доминирующей исходной формой нахождения урана была форма $U_{орг}$, а все прочие возникли позже – “в диагенезе и катагенезе за счет перераспределения урана из исходной формы $U_{орг}$ ” (Юдович, Кетрис, 1994). Нам представляется спорным это утверждение.

Связь урансодержащих углей с породами магматического (как интрузивного кислого состава, так и преимущественно вулканического – вулканиты и пирокластолиты) происхождения в некоторых районах указывает на то, что они могут быть одним из источников урана (Вайн, 1958; Некрасова, 1957). В частности, отметим, что по мнению Дж. Вайна, уран попал в лигниты при его перераспределении из первоначально рассеянного в вулканическом и пирокластическом материале, одновременно с отложением лигнитов или вскоре после их отложения. На основании материалов месторождения Кавак (Киргизия), З.А. Некрасова делает вывод, что граниты явились основным источником урана в подземных водах. На материале западных штатов США также делается вывод для некоторых месторождений, что источником урана являются выветривающиеся граниты и аркозовые породы (Керр, 1956; Маккелви и др., 1958). В отдельных случаях, например, в углях Йоркшира (Великобритания) и Карри (Ньясаленд, Ц.Африка) допускается вынос урана из вышележащих осадочных пород (Дэвидсон, 1956). Установлено, что ассоциация химических элементов в торфяниках (углях) обычно отражает металлогеническую специфику региона. Так, например, для торфяников Приуралья типичны концентрации Cr, Cu, Ga, Ni, Co, Mo; для Балтийского щита – Zr, Pb; для Валдайской возвышенности – Mo, Cu, Pb и P; для Черниговского полесья – Zn, Ga, Pb и P (Крештанова, 1967; Тараканова, 1968; Холодов, 2006). Иногда повышенные содержания элементов-примесей в торфяниках достигают промышленного значения. Достаточно упомянуть широко известные современные торфяные залежи острова Мадагаскар, где в среднем течении р.Фиталамала и районе поселка Андрононахори разрабатывались пласты торфа, содержащие до 0,5% урана и повышенные содержания Ta и Nb (Vein, 1950; Roubault, 1956). Урановая минерализация в торфе проявляет себя в виде отенита и ураноцирцита. По имеющимся данным, непосредственным источником высоких содержаний (фосфатов U и Ba) в торфе явились выветривающиеся выходы металлоносных нефелиновых сиенитов (Хейнрих, 1962). Аналогичные сингенетические проявления урана в торфяных залежах известны в Боснии

(Верхний Дунай), в Киргизии (Камышановка); медные проявления – в торфяниках Англии (Долгели), Ирландии и в Канаде (Davidson, Pousford, 1954; Холодов, 2006).

На основании обобщения всего имеющегося фактического материала некоторыми исследователями делается вывод, что концентрация урана не связана по времени с процессом торфообразования и является результатом эпигенетического отложения урана из подземных гидрокарбонатных вод в уже сформировавшихся пластах углей и песчаников и первоначально рассеянного как в кислых магматических (интрузивных, эффузивных и пирокластических), так и в осадочных и пегматитовых породах. Таким образом, исследования показали, что уран генетически не связан с углеродистыми веществами (Брегер и Дьюл, 1956) и является, как уже было отмечено, одной из неорганических эпигенетических составных частей угля. Наиболее эффективной средой, транспортирующей уран от его источника к месту конечного нахождения в углеродистых веществах, одними из первых И.А. Брегер и М. Дьюл назвали воду, вследствие ее изобилия и высокой растворяющей способности.

Во вторичной концентрации урана важную роль играют углеродистые вещества различных типов. Экспериментальные исследования показали, что взаимодействие урана с органическими компонентами (преимущественно в углистых сланцах) скорее физическое, чем химическое. Органическое вещество создает химические условия (т.е. кислую среду), разрушающие комплекс, приводящие к освобождению урана с дальнейшим его захватом. Ион урана, соприкасаясь с углями, образует ураноорганический уранил-гуматный комплекс, который при $pH > 2,2$ уже не растворим (Брегер, Дьюл, 1956). Разрушение органического вещества в восстановительных условиях ведет к образованию сероводорода, который, как известно, способен восстанавливать ион уранила до нерастворимой двуокиси урана (Дж.У. Грунер, А. Розенцвейг, Д.К. Шмидт, 1954), т.е. шестивалентный уран превращает в четырехвалентный.

В дальнейшем исследования А.В. Коченова и соавторов показали, что из темных торфяных вод, богатых гумусом, уран

очень плохо сорбируется на гуминовых кислотах, причем при $pH=7,5-7,8$ (околонейтральных) уран свободно десорбируется водой. Был сделан вывод, что концентрация урана в торфах требует восстановительной обстановки – отрицательных значений Eh в диапазоне от 50 до 100 мВ (Коченов, Зиновьев, Ковалева, 1965). Сорбция UO_2^{2+} могла играть заметную роль только в слабо разложившихся торфах, при Eh , близком к 0 (Лисицын и др., 1967). По мнению Я.Э. Юдовича (1985), это может происходить только при начальной концентрации урана в торфах; дальнейшее обогащение должно происходить за счет восстановления шестивалентного урана до четырехвалентного.

Здесь уместно привести обобщенное мнение Я.Э. Юдовича и М.П. Кетрис о сорбционных и восстановительных процессах в углесланцевых комплексах. Они считают, что процесс сорбции U на ОВ важен не только сам по себе. Сорбция U (VI) является необходимым условием для начала восстановления U (VI)→U (IV). Даже при очень высоких концентрациях H_2S в среде процесс восстановления не пойдет без предварительной сорбции шестивалентного урана. Восстановление сорбционного U (VI) сопровождается радиолитическим окислением ОВ (радиация вызывает локальное изменение свойств органического вещества углей, увеличивает их твердость и отражательную способность, нарушает их внутреннюю структуру и т.д.) (Данчев, Стрелянов, 1979), что создает активные функциональные группы в ОВ, способные извлекать из раствора новые порции U (VI). В результате, поглощение урана органическим веществом носит характер самоподдерживающегося процесса и может продолжаться длительное время (Юдович, Кетрис, 1994). В качестве активного восстановителя ими рассматривается само органическое вещество или сероводород (и метан). Последний образуется в результате редукции сульфатов при взаимодействии сульфатных растворов с органическим веществом угля или с углеводородными газами. Подтверждением этого процесса является тесная парагенетическая ассоциация урановой смолки с пиритом и органическим веществом (Ягжин, 1961). Кроме того, пирит играет важную роль в процессе адсорбции. О значительной

роли процессов адсорбции в концентрации урана, по мнению многих исследователей (Ягжин, 1961), свидетельствует частая ассоциация уран-молибден-редкие земли. Обычно в углистых формациях устойчивыми спутниками урана являются Mo, Ti, Zn, V, реже Pb, Sn, Ni, Cu, иногда Ge, Se, Ga, Be, Re. В ураноносных черных сланцах устойчива только ассоциация U-Mo-V-P; в молодых торфяниках установлены повышенные количества Be, V, Se, La, Th. Широкий спектр элементов в сингенетических месторождениях связан с процессами как восстановления, так и обменных реакций и сорбции.

По данным Л.С. Евсеевой и соавторов, при эпигенетическом рудообразовании ассоциации элементов-спутников урана обусловлены рядом химических свойств. Из них наиболее важными являются следующие свойства:

- переменная валентность, высокая миграционная способность в окисленном состоянии и низкая в восстановленном;
- тесная геохимическая связь с природными органическими веществами;
- высокая способность к комплексообразованию с теми же аддендами, что и уран;
- халькофильность;
- осаждение гидроокисей из водных растворов при pH, близких к pH осаждения гидроокислов урана.

С учетом всех вышеизложенных свойств, наиболее характерными элементами-спутниками урана являются Mo, Cr, V, Cu, Se, Re (Евсеева, Перельман, Иванов, 1974).

Исследователи предпочтение отдают инфильтрационному происхождению концентрации урана в углях и сопровождающих их углистых сланцах (Брегер, Дьюл, 1956; Клеппер, Уайнт, 1956; Керр и Дейк, 1956; Дэвидсон и Пангфорд, 1956). Из советских геологов эпигенетический генезис урана в углях поддерживали Д.Я. Суражский (1956), А.А. Ягжин (1961), З.А. Некрасова (1957), Я.Э. Юдович (1989) и другие исследователи. Большой неопределимый вклад в разработку эпигенетической теории образования инфильтрационных урановых месторождений внесли С.Г. Батулин, Е.А.

Головин и О.И. Зеленова (1965). Их теория основывается на сочетании геологических, геохимических и гидрогеохимических исследований. Согласно этой теории, в различных вмещающих породах формируются кислородные пластовые воды, содержащие уран, молибден, селен и другие спутники урана (Cr, V, Cu, Re, P), проникающие в водоносные горизонты, содержащие твердые, жидкие или газообразные восстановители (сульфиды, углистые или битумные органические вещества и т.д.), расходуя при этом свой кислород на окисление, в ходе которого формируется зона пластового окисления (или, как мы называем, пластовая зона минералообразования). По краям пласта, на его выклинивании формируется восстановительный геохимический барьер, на котором осаждается уран (Евсеева, Перельман, Иванов, 1974).

Инфильтрационные месторождения урана известны в глинистых и битуминозных сланцах, конгломератах и даже в бентонитах (месторождение Соберания, Аргентина). Содержание урана в этих месторождениях низкое, но в отдельных пересечениях достигает 1,5%. На Мадагаскаре концентрация урана характерна для торфяников, в Японии – конгломератов неогенового возраста (месторождение Нингё-Тогё, префектура Тоттори). В конгломератах, залегающих на гранитах, среднее содержание урана составляет около 0,05%, а в отдельных участках – 0,1%. Значительный интерес представляет концентрация урана в торфяниках Манитобы в Канаде. Здесь ураноносный торф находится в зоне вечной мерзлоты. Уран в этих торфах тесно коррелируется с медью, молибденом, железом, марганцем, цинком, никелем, мышьяком и радием. В сфагновом мхе и в подстилающем его слаборазложившемся торфе содержание урана низкое, на уровне 0,1-0,5г/т с максимумом 10г/т золы. В слое темного торфа содержание урана с глубиной существенно возрастает, что соответствует нарастанию зольности торфа и макроскопически оцениваемой степени его разложения. При средних содержаниях 1000-2000г/т в базальных слоях содержание урана в золе доходит до 5840г/т. Допускается, что источником урана могли быть продукты выветривания докембрийских гранитов,

гнейсов или же зона урановой минерализации в этих породах (Юдович, 1989).

Рассматривая ураноносность углесланцевых комплексов, мы считаем, что вопрос ставится о попутном извлечении урана при переработке углей. Предполагается, что использование ураноносных углей в топках ТЭС может создать некоторые экологические проблемы, т.к. определенная часть урана может уйти в летучую золу-унос и в дымовые газы. Но из этих газов извлекают германий, галлий и другие редкие металлы, так что будут извлекать уран и торий.

Новейшие исследования показывают, что во время сжигания угля большая часть урана, тория и продуктов их распада освобождаются из общей горной массы и распределяются между газами и твердыми продуктами сгорания. Распределение между газами и твердыми продуктами контролируется испарением и химическим составом индивидуальных частиц. Фактически 100% радона, содержащегося в добываемом угле, трансформируется в газ и теряется в выделенном дыме. В то же время непостоянные элементы, такие, как уран, торий и большинство продуктов распада, почти полностью сохраняются в твердых отходах сгорания (Р. Зелински, Р. Финкельман, 2007). Эти исследования показали, что радиационный риск от воздушных соединений из углеперерабатывающих предприятий за десятилетний период минимальный. Максимальная доза радиации на человека, живущего в 1 км от современного предприятия, возможно, на 1-5% больше радиации от природной окружающей среды. В среднем для человека доза радиации от угля значительно меньше: естественные источники составляют 82% радиации, из искусственных источников доминируют рентгеновские лучи (11%), а средняя доза для населения, получаемая при сгорании угля, намного меньше 1% от общей дозы.

Золу обычно добавляют в бетонные стройматериалы, а радиоактивность типичной золы не отличается сильно от других стройматериалов. По мнению Р. Зелински и Р. Финкельмана, бетонные продукты с содержанием золы могут быть источником радона, однако их расчеты показывают, что бетонные строймате-

риалы всех видов содержат <10% общего количества внутреннего радона. Считается, что выщелачивание радиоактивных элементов из золы является необходимым с точки зрения Агентства по защите окружающей среды США.

Прямые измерения растворения в воде урана и радия в золе указывают на их незначительное количество. Следует учесть, что складирование золы производят далеко от источников воды. Обычно концентрация радия ниже в питьевой воде (допустимая норма 5 picosuries на литр), а допустимая норма урана в воде составляет 20 ppb (частица на миллиард).

Таким образом, радиоактивные элементы в угле и золе не должны вызывать особую тревогу. Снижение общественного беспокойства по поводу возможной радиации и радоновой опасности открывают перспективу геологическим исследованиям по радиоактивности углесланцевых комплексов.

Геотипами армянских терригенно-углесланцевых ураноносных комплексов являются: для ураноносных углей – Трутнов (Чехия), Кавак (Киргизия), Дакота (США); для ураноносных терригенных отложений – Северочешский рудный район (Гамр, Страж, Голичка, Осечно-Котел, Бржевниште), Лодев (Франция), Мечек (Венгрия), Приморское, Оглахтинское, Онкажинское (РФ).

4.3.1.2. О возможной ураноносности терригенно-углесланцевых комплексов Армении

В Армении опойсковано и разведано более 10 сравнительно крупных рудопроявлений (месторождений) углей и горючих сланцев, однако в связи с их низким качеством, они отбракованы как неперспективные на топливное сырье. Основные рудопроявления Армении разновозрастны и датируются триасом, средней юрой, средним и верхним эоценом, плиоценом и плиоцен-квартером.

В настоящей работе рассматриваются некоторые особенности распределения и концентрации радиоактивных элементов в терригенно-углесланцевых комплексах Армении и делается попытка сравнительного анализа роли минеральных и органических час-

тей в концентрации металлов. С этой целью нами были отобраны 14 образцов из углей, углистых сланцев, углистых гравитационных концентратов и шлаков газификации углей разновозрастных комплексов. Анализы проводились в лаборатории рентгенофлуоресцентного анализа ИГЕМ РАН (г.Москва).

Фактический материал и анализ построенных графиков дают основание на данной стадии исследования сделать некоторые выводы относительно геохимических особенностей избирательной концентрации радиоактивных элементов в углесланцевых комплексах Армении по стратиграфическому уровню (табл. 6, рис. 9).

1. Максимальные содержания органических веществ характерны для угленосных отложений средней юры, плиоцена и плиоцен-квартера; минимальные – для эоценовых комплексов (около 25%), что, по-видимому, обусловлено интенсивным развитием магматических процессов, как интрузивных, так и эффузивных. Естественно, максимальные содержания минеральных компонентов наблюдаются в угленосных комплексах эоцена, составляя в среднем около 75% от угольного вещества.

2. Кривые распределения усредненных содержаний порообразующих основных окислов – SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 , $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ – по стратиграфическим уровням, в принципе параллельны друг другу (т.е. совпадают) и имеют зеркальный характер по отношению к соответствующей кривой ОВ, что свидетельствует об их концентрации в минеральной части (рис. 9, 10). Характерно, что с основными минеральными компонентами хорошо согласуется кривая импульса радиоактивности (вместе с кривой п.п.п.), которая ярко выражена для эоцена и имеет довольно высокий показатель, превышающий нормальный геохимический фон в несколько раз и составляющий в среднем 85,5мкр/ч, что соответствует рудогенным аномалиям. Концентрация радиоактивных элементов в минеральной части углистого вещества подтверждается еще и тем, что в гравитационных концентратах, где концентрируются рудные минералы и, в особенности, в шлаках газификации угля, также сохраняется повышенный радиоактивный геохимический фон в пределах указанного среднего содержания. Отметим, что при этом, как показали

Химический состав и радиоактивность терригенно-угленосных комплексов Армении^{*)}

NN	Относительный возраст комплексов	Содержание, %								K ₂ O Na ₂ O	Имп.р.а., мкр/час
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	п.п.п.	S	ОВ		
1.	триас	53,48	15,50	0,87	2,59	0,35	11,03	0,53	8	7,4	105
2.	ср.юра	29,23	9,9	0,36	0,47	0,17	48,61	2,28	45	2,76	69
3.	ср.эоцен	33,1	11,8	0,45	1,15	0,17	36,2	4,06	27	6,76	97
4.	в.эоцен	48,2	12,15	0,73	3,31	0,34	27,44	0,88	24	9,74	115
5.	плиоцен	28,45	653	0,13	0,22	0,07	56,54	1,14	55	3,14	62
6.	плиоцен-квартер	15,87	4,22	0,27	0,28	0,26	68,20	7,18	61	1,08	65

*) Силикатные анализы, а также анализы на радиоактивность проводились в ИГЕМ РАН (г.Москва).

Аналитики Марченко и Якушев; пробоподготовка – Майстер и Сычева.

Содержание ОВ получено расчетным путем.

исследования, фактически 100% радона, содержащегося в угле, трансформируется в газ и теряется в выделенном дыме, а торий, уран и большинство продуктов распада почти полностью сохраняются в твердых отходах сгорания. Такая природа концентрации радиоактивных элементов в минеральной части, на первый взгляд, противоречит имеющимся литературным данным, т.к. в накоплении урана в угленосных формациях большую роль играет сорбция коллоидами, в первую очередь органическими, с образованием ураноорганических соединений, главным образом гуминовых и фульвокислот. С учетом теоретических идей Я.Э. Юдовича и М.П. Кетрис о возможном титановом геохимическом барьере концентрации урана можно предположить, что в составе углесланцевых комплексов Армении имеется гидролизатный терригенный материал – продукт размыва коры выветривания, который содержит “такой мощный поглотитель урана, как $TiO_2 \cdot nH_2O$ ” (Юдович, Кетрис, 1994). Установлено, что при pH=8, гидроокись титана поглощает из морской воды до 70% урана, обогащаясь им до “фантастической” концентрации (около 7%). При кислой среде емкость гидроокиси титана по отношению к урану настолько велика, что “масса поглощенного урана может превысить массу самого сорбента”. Об этом свидетельствуют данные о титансодержащих глинистых минералах,

сильно обогащенных ураном. По мнению Я.Э. Юдовича и М.П. Кетрис, $TiO_2 \cdot nH_2O$ способен “перекачивать на себя уран, захваченный органическим веществом углеродистых осадков”. Этим можно объяснить тот факт, что в некоторых угленосных (черных) сланцах характерны не органические, а минеральные формы урана. Механизм этого процесса, по мнению этих исследователей, протекает следующим образом. Первоначально уран содержался в ОВ, которое было сорбировано на поверхности глинистых частиц.

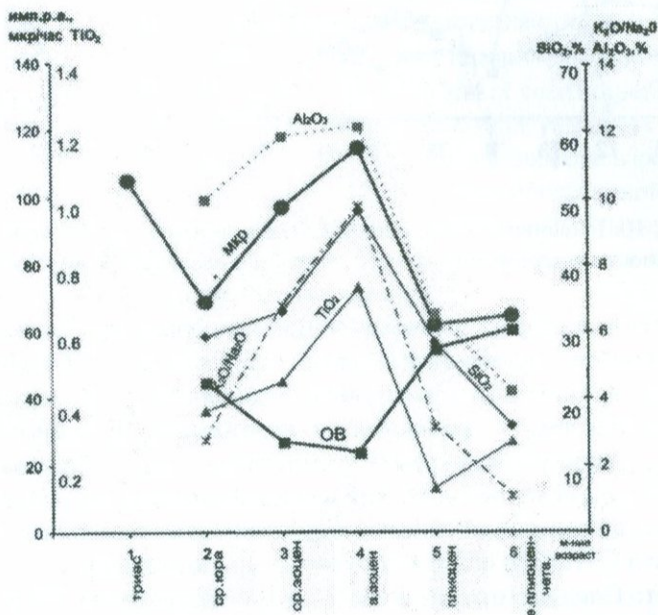


Рис. 9. Графики распределения усредненных содержаний основных окислов и органического вещества, а также радиоактивности в терригенно-углесланцевых комплексах Армении (по данным табл. 6).

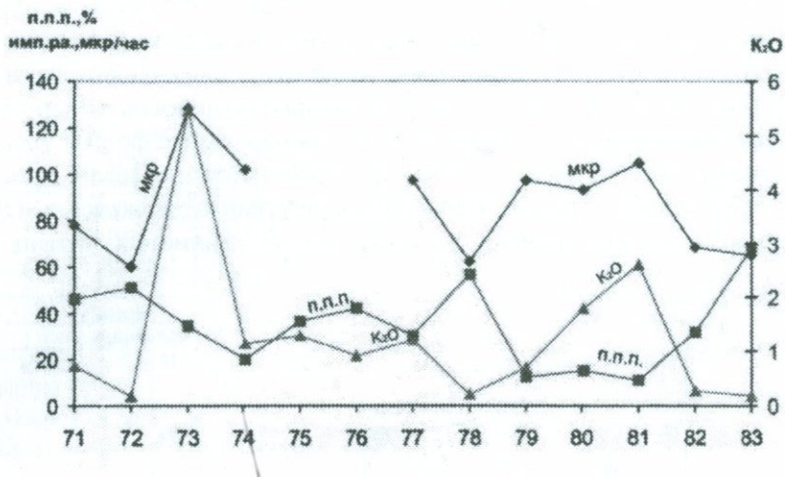


Рис. 10. Графики содержания K₂O, п.п.п. и импульса радиоактивности в терригенно-углесланцевых комплексах Армении.

В процессе катагенеза углистое вещество сбрасывает титан, а ОВ при термоллизе освобождает уран, т.к. по мере углефикации отложений происходит перестройка форм связи урана с органическими комплексами – уменьшается содержание функциональных групп, нарушается связь урана с ними, затем с конденсированными группами молекул и ураноорганическими комплексами. В итоге на поверхности глинистых частиц нарастают эпитаксильные пленки браннерита (UTi₂O₆), образуются также урановая чернь, настуран и коффинит. Следует отметить, что иногда встречаются структуры одновременного роста сферолитовых корок настурана или почеч игольчатого уранинита и кристаллических зерен браннерита. Уран частично выносится с образующимися при катагенезе большими количествами активных вод (Юдовия, Кетрис, 1994). Сказанное полностью можно отнести к углесланцевым комплексам Армении, т.к. они характеризуются сравнительно высокими содержаниями титана и ванадия, а их кривые – полностью идентичны кривой мкр (рис. 9,10).

Весьма эффективным концентратором уранил-иона является гидроокись титана. Исследования Н.М. Девиса и соавторов показали, что искусственные гели TiO_2 могут путем адсорбции экстрагировать уран из морской воды. При этом предельная концентрация урана в них достигает 268 млн^{-1} (тоже 268 ppm). К.Г. Королев и Г.В. Румянцева путем добавления гидроокислов аммония к растворам урана и титана в соляной кислоте добились практически количественного соосаждения гидроокисей титана и урана. Когда атомные отношения соосажденных урана и титана составляли 1:2, рентгенограмма выпавшего гелия, после его высушивания и прокаливания при температурах до $800-900^\circ\text{C}$ в восстановительной среде, отвечала чистому браннериту (UTi_2O_6). При иных соотношениях урана и титана в геле дифракционная картина образующихся продуктов также соответствовала браннериту, но осложнялась рефлексами, характерными для UO_2 или TiO_2 (в зависимости какой из элементов был в избытке). Браннерит может образоваться в результате различных геологических процессов, но существует мнение, что одна из его разновидностей может формироваться за счет восстановления урансодержащей фазы TiO_2 , возникшей при разложении минералов, подобных ильмениту, в урансодержащем растворе с высоким потенциалом кислорода (Форрис, Рууд, 1971).

Интересные данные о концентрации урана в угленосных пластах среднеюрского месторождения Кавак (Киргизия) приводит З.А. Некрасова (1957). Эта статья интересна тем, что она была опубликована вслед Женевской Международной конференции по мирному использованию атомной энергии 1955г. и в ней были использованы материалы ведущих мировых специалистов по урану, и, в частности, по урану в углях. З.А. Некрасова акцентирует, что “содержание урана в углях находится в прямой зависимости от количества *минеральных примесей* (курсив наш), находящихся в тесном прорастании с органическим веществом угля”, и далее “в наиболее тяжелых и высокозольных фракциях концентрация урана в 10-30 раз выше, чем в исходных пробах, и в 50-100 раз - чем в легких фракциях” (т.е. в органике). По данным З.А. Некрасовой, наиболее высокие концентрации урана приурочены к пиритизиро-

ваным углям и песчаникам, которые характеризуются повышенной степенью окисления. Кроме того, особо подчеркивается, что характерна тесная ассоциация настурана с глинистым веществом. Настуран присутствует в глинистом веществе в виде мельчайших сферолитов размерами до 0,001-0,003мм, образуя местами сплошные скопления. К тому же описываются случаи, когда окислы урана концентрируются вокруг эпигенетического пирита и корродируют его. В песчаниках настуран присутствует в глинистом и углисто-глинистом цементе, образуя в нем тонкодисперсную эмульсионную вкрапленность. Экспериментальные исследования показали, что увеличение количества минеральных примесей в углях оказывает положительное влияние на сорбцию урана (Некрасова, 1957). Нам представляется, что этим обстоятельством обусловлена повышенная концентрация урана в высокозольных бурых углях. Выше уже было сказано о том, что некоторые исследователи это объясняют ядовитостью урана.

Следует учесть, что по данным американских ученых Р. Зелински и Р. Фикельмана, обследовавших в 2007г. более 2300 образцов урансодержащих углей из западных штатов и бассейна р.Иллинойс, уран концентрируется как в минеральной, так и в органической фракциях угля.

Интересные данные были получены А.А. Гипшом и Г.Г. Капатуриным при исследовании связи естественной радиоактивности и зольности углей Варкутского месторождения (РФ). Ими установлено, что, во-первых, связь между зольностью и естественной радиоактивностью углей является корреляционной линейной зависимостью, а, во-вторых, радиоактивные элементы в варкутских углях содержатся главным образом в их **минеральной части** (Гипш, Капатурин, 1970). Эти данные хорошо коррелируются с нашими материалами и еще раз подчеркивают необходимость дальнейших планомерных исследований о формах нахождения урана в углях Армении.

Концентрация урана в угленосных и сланцесодержащих отложениях бывает как сингенетичным угленакоплением, так и в значительной степени вторичным-эпигенетическим. Основное зна-

чение при формировании высоких концентраций урана в угленосных комплексах принадлежит инфильтрационному типу месторождений. Относительную роль комплексных сорбционных восстановительных и сероводородных барьеров в накоплении урана в высоких концентрациях исследователи оценивают по-разному, т.к. для различных объектов она различна и вызвана широким диапазоном геолого-геохимических условий концентраций. При дальнейших исследованиях следует обратить особое внимание на минеральные формы нахождения урана в углесланцевых комплексах Армении, которые на фоне полученных данных могут подтвердить или опровергнуть высказанные предположения о титановом (или ванадиевом) барьере концентрации урана в минеральной части угольного вещества. При этом следует учесть, что концентрация радиоактивных элементов в углесланцевых комплексах Армении, возможно, в меньшей степени связана с восстановительными функциями органического вещества углей (восстановление U^{4+}), т.к. их концентрация происходит в минеральной части, что может быть следствием в основном адсорбционных процессов, о чем свидетельствует частая парагенетическая ассоциация урана в углях с молибденом и редкими землями, как проявление сходства путей их миграции и концентрации в одинаковых условиях.

С другой стороны, следует учесть и такой факт, что на кривой распределения средних содержаний урана по стратиграфическим уровням, для мировых угленосных комплексов отчетливо выделяются три пика, отвечающих кембрию (венду-кембрию), девону-карбону и палеогену. Эти пики соответствуют трем "урановорудным эпохам". Показатели средних по стратиграфическим уровням дают аномальные содержания только в фанерозое (Юдояич, Кетрис, 1994). В нашем случае, по стратиграфическому уровню выделяются два пика: отчетливо выраженный эоценовый и триасовый, что хорошо согласуется с региональными (планетарными) данными с небольшим смещением, связанным с этапами геотектонического развития области (рис. 9).

Изложенный материал свидетельствует о том, что формационно-генетические типы урановых проявлений ранее проводи-

мыми исследованиями не ограничиваются. Армения является интересным золотоурановым поясом с характерным золотоуранополиметаллическим оруденением. Геолого-промышленная оценка потенциала радиогенного (U, Th Ra) сырья – насущная задача наших дней.

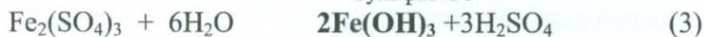
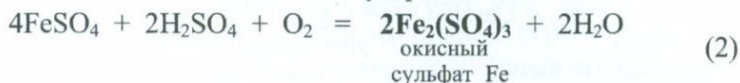
4.3.2. Ураноносность железных шляп

Геологические шляпы бывают разными, в зависимости от формационной принадлежности коренного месторождения. По составу шляп выделяются железные, золотые, гематитовые, марганцевые, алунитовые или квасцовые, а также гипсовые, серные и др. Наибольший интерес представляют железные шляпы (подзона кэпинга – red beds или канги–негритянская голова) сульфидных (меднопорфировых) месторождений, имеющих наиболее широкое распространение и вместе с тем несущих золотоурановое оруденение и являющихся хорошим поисковым признаком на наличие на небольшой глубине сульфидного месторождения промышленного значения.

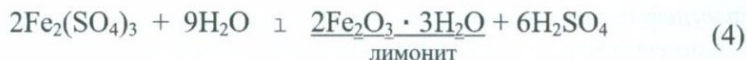
Железная шляпа – это “верхняя окисленная часть месторождений, обычно цветных металлов (особенно меди), содержащая пирит” (Геол. солварь, 1978). Шляпа сложена различными водными окислами железа в смеси с гематитом, кремнеземом, а также труднорастворимыми вторичными окислами и солями даже самородных форм других металлов.

Формирование железных шляп происходит в условиях химического выветривания поверхностных частей сульфидных руд с образованием мигрирующих и фильтрующихся серноокислых и углекислых растворов и остаточных образований. Последние часто представлены железными шляпами – покровами, т.к. соли железа отличаются легкой окисляемостью и способностью гидролизироваться, вследствие чего они быстро разлагаются и образуют водные окислы железа в виде геля. Поэтому верхушка зоны окисления почти каждого сульфидного месторождения обогащается железом с образованием лимонита, лишившись всех других составных час-

тей. Этот процесс наиболее детально рассмотрен А.Г. Бетехтиным и соавторами и С.С. Смирновым и представляется в следующем виде (на примере пирита) (Бетехтин и др., 1938; Смирнов, 1955):



Гидроокись железа – эта гидрозолевая, которая, дегидратируясь, дает начало лимонитам или моногидрату с различными количествами адсорбированной и капиллярной воды (гетит – $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, лимонит или бурый железняк – $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot (0-2)\text{H}_2\text{O}$, гидрогематит или турьит – $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot (0-1)\text{H}_2\text{O}$). Этот процесс протекает по уравнению:



Здесь же отметим, что по данным В.Н. Есаулова и соавторов, технология естественного образования урановых руд обусловлена выпадением атмосферных осадков. “Обогащенные кислородом, дождевые и талые воды, фильтруясь через разнообразные кристаллические породы, обогащаются макро- и микрокомпонентами, формирующими химический состав вод, способных окислять, растворять и выщелачивать уран и сопутствующие редкие металлы. По пути движения кислород в основном расходуется на окисление закисных форм железа, которыми насыщены осадочные породы. В результате этого вся зона пластового окисления насыщается гидроокислами Fe^{3+} , которые охлаждаются, придавая водоносным породам бурую и желто-бурю окраску” (Есаулови др., 2008). В этих случаях уравнение (3) продолжается:



Следует учесть, что выделяются лимониты двух видов: мертвый (lead look) – от пирита и живой (live look) – от медных минералов.

Исключение составляют свинец и частично мышьяк, т.к. в результате окисления галенита образуется труднорастворимый в почвенных водах англезит (PbSO_4), а мышьяк, как кислотообразующий элемент, образует арсениты (соли H_3AsO_4), которые крайне трудно растворимы в воде в зоне окисления. В тех случаях, когда в сульфидных месторождениях присутствует мышьяк в виде арсенопирита, процесс лимонитизации идет по ряду:

арсенопирит – скородит – лимонит (и H_3AsO_4) – арсениты (Cu, Pb, Zn, Fe, Ca, Mg)

Следует отметить, что концентрация (осаждение) железа на близповерхностных горизонтах обусловлена обилием кислорода, а на нижних горизонтах, при отсутствии доступа кислорода, железо с растворами выносятся, т.е. мигрирует. По мнению С.С. Смирнова, основным условием образования гидроокиси железа в верхах зоны окисления является коагуляция (свертывание, слипание) гидрозоля $\text{Fe}(\text{OH})_3$, часто одновременная с коагуляцией других гидрозолей (SiO_2 , Al_2O_3 , MnO_2). Из примесей важное значение имеет SiO_2 , генерирующий целую серию разновидностей – от слабозелезистых опалов и яшм до гидроокислов железа, вовсе лишенных SiO_2 . В этом ряду завершающими являются марганцевые, глинистые, кварцевые и другие разновидности, а также разнообразные механи-

ческие смеси гидроокислов железа с другими рудными минералами зоны окисления.

Железные шляпы сложены пористым, ноздреватым бурым железняком (лимонитом) с остаточным кварцем, новообразованиями халцедона, опала, каолина и иногда окисью марганца. Наглядным примером таких новообразований с обломочными остатками каолинизированных руд является зона окисления Первого рудного тела Азатекского месторождения на правом берегу р.Арпа (РА). Часто в железной шляпе наблюдается остаточный материал в виде благородных металлов. Это объясняется тем, что различные золотосодержащие сульфиды разлагаются в зоне окисления. Часть химических компонентов при этом мигрирует и рассеивается, а золото остается на месте, косвенным образом увеличивая свое содержание в железной шляпе (руде). Кроме того, тонкодисперсное и субмикроскопическое золото трансформируется и в укрупненном виде задерживается в железняках. В результате золото освобождается от сульфидного (в основном пиритового) материала. Содержание золота в железной шляпе достигает иногда значительного количества, и тогда железная шляпа представляет собой золоторудное месторождение: например, месторождения Тандзут (РА), Красная Горка и Еркатасар (НКР). На месторождениях Степняк, Бес-Тюбе и Джалом-Бет (Казахстан) тончайшие пленки гипергенного золота выстилают округлые каверны бурых железняков в виде “пушистого” или “сажистого” золота – рыхлого агрегата его мельчайших частиц. Оно трансформировалось здесь же на месте за счет тонкодисперсного золота в пирите. Вторичное золото в виде пленок на лимоните из золоторудных месторождений Австралии описывают Е.Дж. Дюин, а также Д.Г. Шнейдерхен и П. Рамдор – из различных месторождений.

Широко известны золотоносные железные шляпы горы Морган в Квисленде (Австралия), Карабашского рудника на Урале, на месторождении Итабира (шт.Минас-Жерайс, Бразилия) (Обручев, 1929). На месторождении Итабира верхушка кристаллических сланцев представлена железняком – гематитовой железной рудой (торговое название итабирит) и якутом (якутинг-ягут-корунд, то-

паз, рубин, сапфир). На поверхности они образуют так называемые канги (от тапанхоаканга – негритянская голова), состоящие из скоплений обломочного красного железняка, цементированного бурым железняком в брекчию. Итабирские канги содержат в среднем 50% железа.

Верхняя часть горы Морган представлена железной шляпой над колчеданным золотомедным месторождением. Она прослеживается на 60-90м на глубину и состоит из кварца, халцедона, опала, каолина, бурого железняка и вада с высоким содержанием золота (82-180г/т). В сульфидных рудах содержание золота 12г/т, а меди – 2,7%. Зона вторичного сульфидного обогащения отсутствует. Аналогичная картина наблюдается на Азатекском месторождении (РА).

Железные шляпы Карабашского рудного поля первоначально обрабатывались как железорудные месторождения. В последующем была установлена золотоносность железняка, и на глубоких горизонтах были вскрыты медно-колчеданные золотосодержащие сульфидные руды. Аналогичным примером является золотомедное месторождение Нена в северной части массива Фрида-Ривер (Папуа-Новая Гвинея). Зона минерализации представляет собой субгоризонтальное сигарообразное тело диаметром 300м, вытянутое в северо-западном направлении на 1200м. Основные рудные минералы – халькопирит и ковеллин, энаргит и люционит, в меньших количествах встречается стиблюционит. С медной минерализацией ассоциирует бедная золотая (содержание золота около 0,6г/т). На поверхности в результате выветривания и выщелачивания образовалась оксидная “золотая” шляпа, в которой содержание золота составляет в среднем 1,4г/т, а все медные минералы выщелочены. Ниже располагается зона вторичного сульфидного обогащения с высоким (уменьшающимся с глубиной) содержанием медных минералов – халькозина и в меньшей степени ковеллина (Highlands Pacific, 2007).

Железные шляпы характеризуются пористой, ячеистой, ящичной, губковой, сотовой, пещеристой, ноздреватой текстурами, а также скоплениями землистого вида различных охр, рельефного

лимонита и выделяются пестротой цветов, в особенности при наличии остатков сульфидов различных металлов.

Обычно считается, что в концентрированном растворе сульфаты железа гидролизу не подвергаются, поэтому при сухом климате благородные металлы мигрируют и железная шляпа бедна гидроокисью железа; при влажном климате, наоборот, гидроокисей много, и часть благородных металлов остается в железной шляпе.

В природе преобладает красно-бурый цвет железной шляпы, чем и обусловлено ее название. Однако не всегда сульфидные месторождения в верхней части представлены железной шляпой (железняком) и характерным цветом. Часто верхняя часть зоны окисления (гипергенеза) имеет иной цвет и состав, обусловленных малым количеством железа или его полным отсутствием. Термин “железная шляпа” настолько укоренился, что так называют заведомо нежелезистые марганцевые, алунитовые, квасцовые и даже гипсовые шляпы, что приводит к серьезным недоразумениям. В этих случаях термин “железная шляпа” теряет смысл и может быть заменен термином “верхушка” (кэпинг) или просто “шляпа” соответствующего состава, например, марганцевая шляпа или марганцевая верхушка и т.д. Некоторые аспекты этого вопроса рассмотрены в работах В.А. Обручева, В. Эммонса, А.Г. Бетехтина и соавторов, С.С. Смирнова, В.М. Крейтера и соавторов.

В конце XX века интерес к этой проблеме пропал, и внимание геологов в основном было акцентировано на зоне вторичного сульфидного обогащения крупных меднопорфировых месторождений. Актуальность вопроса состоит в том, что железная шляпа и шляпы-верхушки являются золото-ураноносными и представляют промышленный интерес.

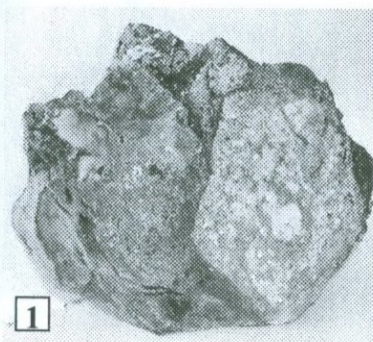
Разновидность “шляп” и их металлоносность нами рассмотрены в специальной работе (Алоян, 2010), здесь же мы вкратце рассмотрим ураноносность железной шляпы одного меднопорфирового месторождения в водораздельной части Зангезурского хребта. Пробы отбирались Тиграном Алояном в количестве 4 штук, общим весом 15-20кг. Из них изготовлены прозрачные и полированные шлифы и подвергнуты минералого-петрографическому и электрон-

но-микроскопическому и энергодисперсному рентгеновскому исследованию и рентгеноструктурному анализу. Исследования продолжаются и результаты обрабатываются, однако считаем нужным отметить следующее. Исследования проводились на сканирующем электронном микроскопе (SEM) VEGA TS 5130мм. Рентгенофлюоресцентный анализ порошка пробы Т-4¹ (фракция +1,0) показал наличие в образце Fe, As, Pb, Th и U. Линии Th и Pb совпадают. Дифрактограмма пробы Т-4¹ (фракция - 0,25+0,07мм) показала, что основной минерал кварц, а линии - 4,15; 2,68; 2,45; 2,48; 2,19 могут принадлежать гидрогетиту, вместе с тем линия 4,15 может быть окисью урана. Кроме того, неполированный образец Т-4¹ содержит кварц, окись урана (линия 4,15) или β кристобалит, гидрогетит (4,15; 2,68; 2,44; 2,17; 1,71) и алунит (2,97). Окись урана наблюдалась (линия 4,16) в пробе Т-1³ вместе с алунитом и гидрогетитом. Линия 2,87 не установлена. Ниже приводятся результаты минералого-петрографических исследований.

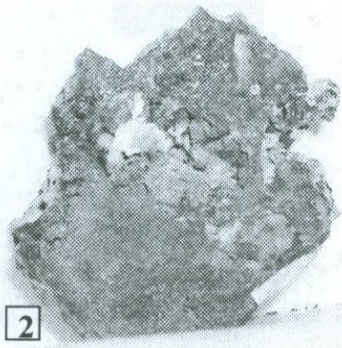
4.3.2.1. Макроскопическое и бинокулярное описание штуфных образцов железных шлям

Макроскопически штуфные образцы представляют собой интенсивно окисленную брекчиеподобную гетит(гидрогетит)-алунитовую породу (рис. 11.1-2). Измененные, перемятые, пористые породы содержат прожилково-вкрапленную окисленную рудную минерализацию, которая развита по трещинам в виде тонких примазок или натечных образований, часто жилковатого сложения, жед и оолитовых образований черного цвета с металловидным блеском (рис. 11.3). Брекчии (размерами до 4см) пропитаны и сцементированы прожилково-вкрапленной окисленной рудной минерализацией; мощность прожилков до 1-1,5см.

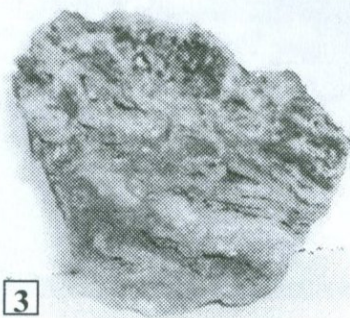
Порода интенсивно выщелочена, богата пустотками, заполненными листочками "роз" гипса, которые часто покрыты и, возможно, пропитаны тонкой вкрапленностью ярко окрашенных желто-оранжевых продуктов выветривания, типичных для бурых гидроокислов железа и урановых минералов (рис. 12.1-2).



1



2



3

Рис. 11. Внешний вид ураноносных пород железной шляпы.
1-2 – интенсивно окисленные, брекчированные породы железной шляпы;
3 – окисленная слоисто-пористая порода с вторичными желто-оранжевыми минералами урана и скоплениями гидроокислов железа.

Среди штучных образцов встречается окисленная слоисто-пористая порода с отчетливо полосчатой текстурой (андезитодацитовые туфы). По стенкам пустот (размеры пустоток от долей мм до 2мм) – тонкие корочки и прищлепки окисленных рудных минералов черного цвета и гидроокислов железа.

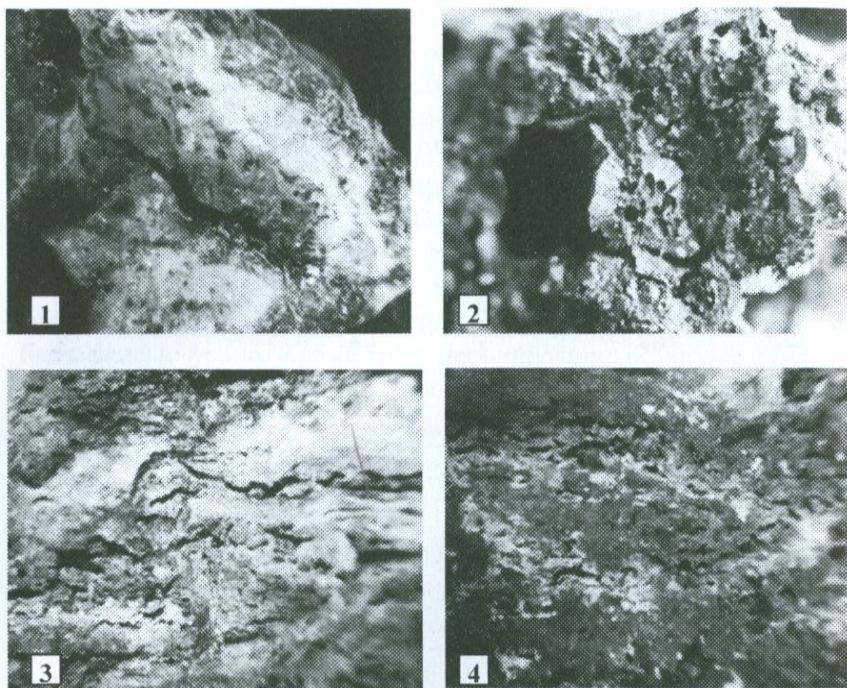


Рис. 12. Ураноносные породы железной шляпы под биноклярной лупой. Ув. $\times 25$.

1-2 – кавернозная порода с вкрапленниками и прожилками окислов урана, гипса и бурых скоплений гидроокислов железа (лимонит, гетит). Темные прожилки настурана сопровождаются яркой желто-оранжевой каймой вторичных минералов урана; 3 – окисленная слоисто-пористая минерализованная порода; 4 – гнездово-вкрапленная окисленная минерализация урана и гидроокислов железа (лимонита).

Образцы покрыты целой гаммой ярко окрашенных в желтый, красновато-оранжевый цвет вторичных урановых минералов и гидроокислов железа (гетит, гидрогетит и лимонит) (рис. 11.3, 12.3-4). Часто встречается интенсивно окисленный плотный массивно-ноздреватый брекчированный гетитовый агрегат с прожилково-вкрапленной и гнездовой минерализацией (рис. 12.4).

Рудная минерализация в целом представлена окислами урана – минералами группы уранинита, имеющими кристаллическое строение, и настурана – выделениями колломорфной формы, гидроокислами железа и урана, редкими мелкими вкраплениями халькопирита и гематита. Часто отмечаются зерна самородного золота. Минералы группы уранинита образуют сплошные ксеноморфные выделения размерами до 1-1,5 см и редко идиоморфные кристаллы кубической и тетрагональной сингонии с яркими желтыми внутренними рефлексами. Размеры кристаллов от 0,02 до 0,06 мм. Настуран наблюдается в виде почек, каемок и неправильных форм. Выполняя трещинки и пустоты, он образует в породе самостоятельные прожилки или редкие вкрапления тончайших шариков-стяжений, иногда образующих небольшие участки плотно упакованных равномерно-зернистых их скоплений. Местами урановые минералы окружены буровато-красными или бурыми гидроокислами железа (рис. 11.1-2).

4.3.2.2. Петрографический состав железных шляп

Микроскопические исследования прозрачных шлифов показали, что порода представлена гетит-алунитовым метасоматитом из верхней (приповерхностной) части зоны окисления. Порода состоит из удлиненных игольчатых, пластинчатых и столбчатых хаотичных кристаллов алунита и зерен гетита, расположенных между ними. Удлиненные игольчатые кристаллы алунита, пересекаясь под острыми углами, образуют серповидные треугольные и прямоугольные “окна”, которые заполняют зерна гетита (гидрогетита) и урана. Структура решетчатая, сетчатая. Кроме “окон” решетчатой структуры, алунит образует агрегатные скопления и над решеткой, вне “окон”. Очевидно, образование гетита (гидрогетита) происходит после алунита.

Кристаллы алунита характеризуются отрицательным удлинением и низким фоном интерференции. Кристаллы гетита оранжево-красного и желтого цвета в тонких срезах, в результате чего

отличаются от гематита. Общее количество гидроокислов железа – 30-35%.

Часто гетит-алунитовый агрегат пористый, с пойкилобластовыми включениями. Порода (руда) состоит из мельчайших включений пойкилобластового пористого гетита, кварца и алунита. На отдельных участках количество включений гетита и кварца становится равным. Значительная часть объема гетит-кварц-алунитового агрегата занимают пустоты. Ниже приводится подробное описание прозрачных шлифов в виде подрисовочных подписей к характерным микрофотографиям (рис. 13-16).

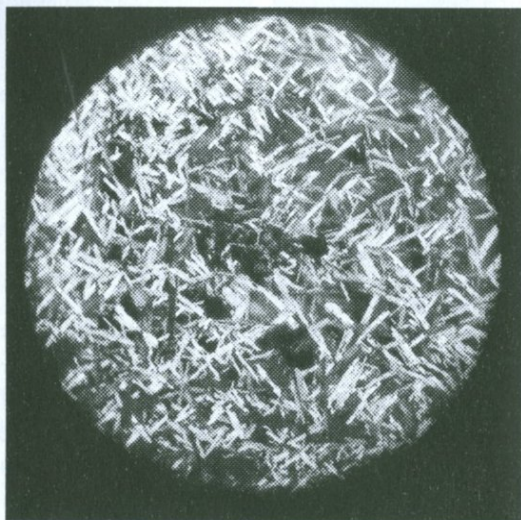


Рис. 13. Решетчатый агрегат из игольчатых кристаллов алунита (белое), а в их промежутках кристаллы гетита, образовавшиеся после алунита. Структура гетит-алунитового агрегата “решетчатая”. Отчетливо видны внерешеточные гроздевидные выделения почковидных минералов урана (?) более позднего образования. Шлиф 1/6, с анализатором, d=5мм.

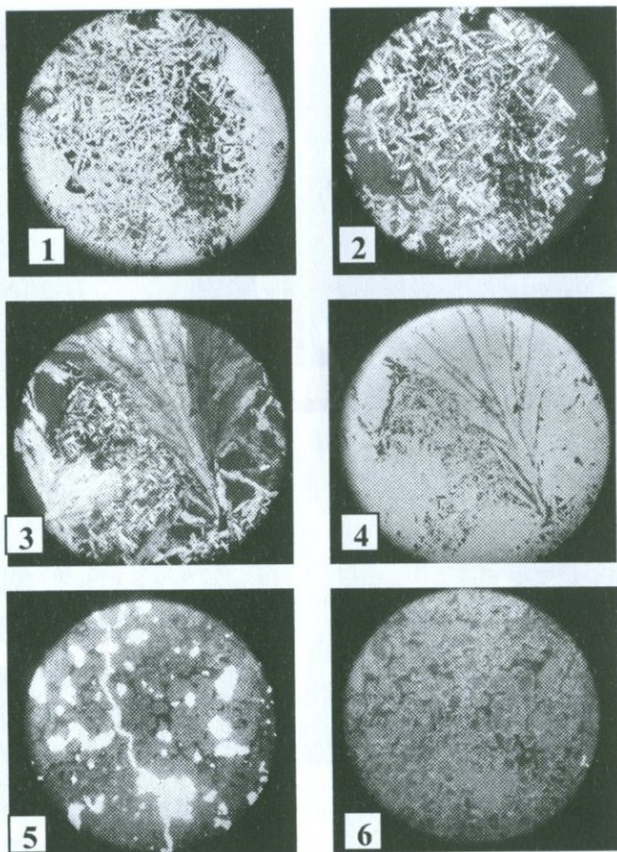


Рис. 14. 1-2 – гетит-алунитовый агрегат “решетчатой” структуры с наложенными более поздними гроздевидными почками (скорлуповидные агрегаты) урановых (уранинит ?) минералов и позднего гетита. Шлиф 4/1, без анализатора (1) и с анализатором (2), $d=5\text{мм}$. 3 – сноповидные пучки шестоватых алунитов в контакте с “решетчатым” (хаотичным) гетит-алунитовым агрегатом. Шлиф 1/8, с анализатором, $d=5\text{мм}$. 4 – волокнистые прожилки гетита вдоль границ сноповидных агрегатов алунита в контакте мелкозернистого гетит-алунитового агрегата. Шлиф 1/8, без анализатора, $d=5\text{мм}$. 5-6 – массивный пористый (ноздреватый) гетит. Белое – пустоты, красно-бурое – гетит. Шлиф 2/5, без анализатора (5), с анализатором (6), $d=5\text{мм}$.

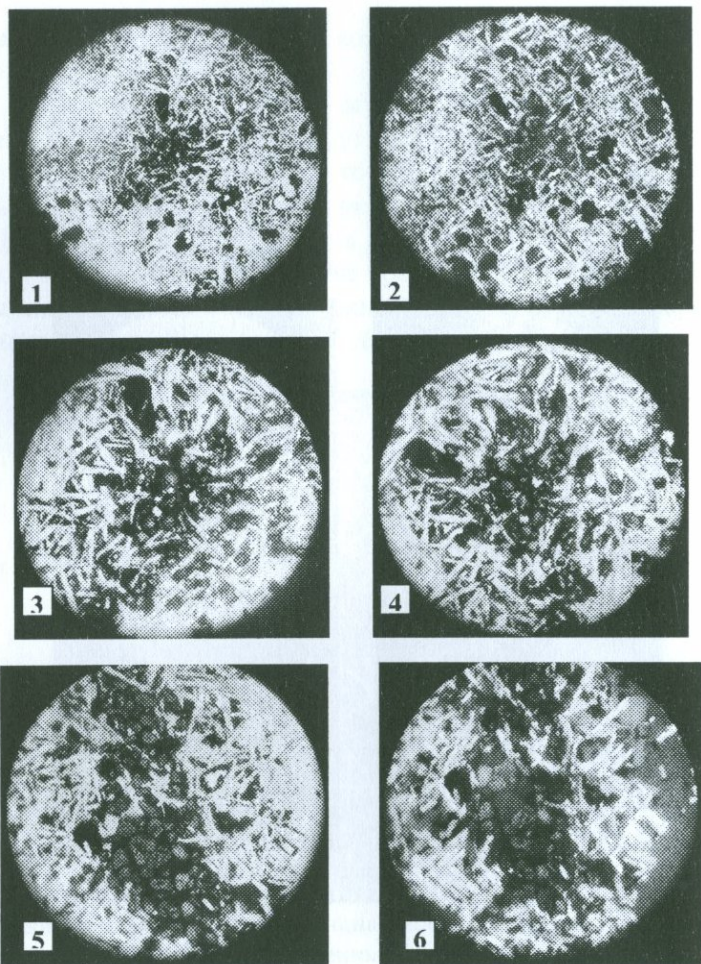


Рис. 15. Гроздевидные выделения почковидных, сферолитовидных, шарикообразных минералов урана в гетит-алунитовом агрегате.

1-2 – шлиф 1/9, без анализатора (1), с анализатором (2), $d=5\text{мм}$. 3-4 – гроздевидные агрегаты со сферическими формами минералов урана (уранинита), шлиф Т-1/9, без анализатора, $d=1,8\text{мм}$. 5-6 – шлиф Т-4/1, без анализатора (5), с анализатором (6), $d=1,8\text{мм}$.

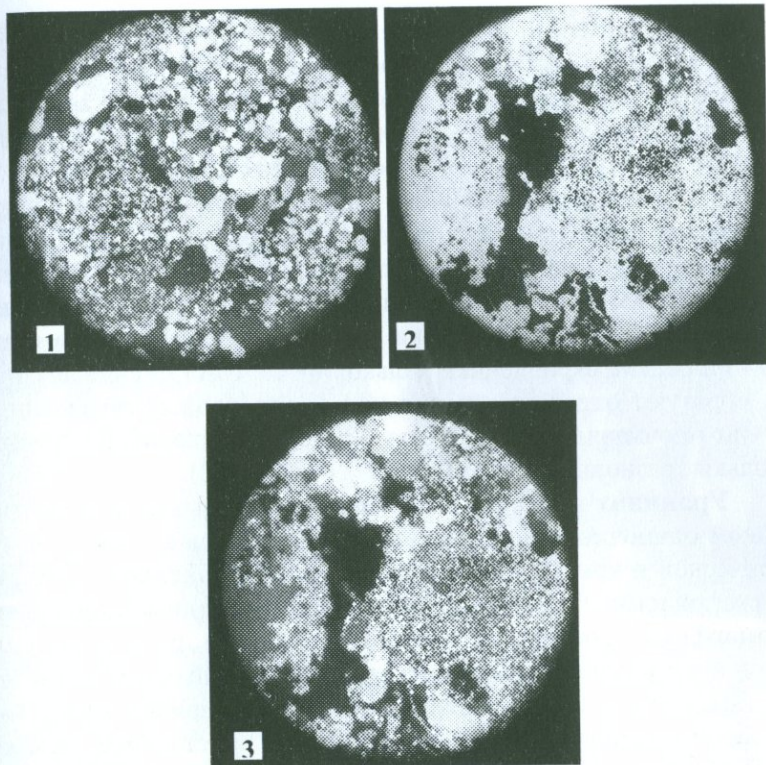


Рис. 16. Вторичный кварцит с гидроокислами железа и минералами урана.

1 – структура неоднородная: сравнительно крупные зерна кварца на фоне тонкозернистого и тонкодисперсного кварца и агрегаты гетита. Темно-бурое – гетит. Шлиф 2/4, с анализатором, $d=5\text{мм}$. 2-3 – вторичный кварцит с гидроокислами железа Шлиф 2/4, без анализатора (2), с анализатором (3), $d=5\text{мм}$.

4.3.2.3. Рудная минералогия железных шляп

Рудная минерализация представлена минералами урана, образующими неоднородные агрегаты различного морфологического типа (рис. 13-14). Трещинки и пустоты породы выполнены прожил-

ково-вкрапленной минерализацией, представленной минералами группы уранинита и настурана, образующими наряду со скрытокристаллическими формами – шариками довольно часто встречающиеся отчетливо выраженные кристаллические и колломорфные индивиды при тождественности оптических свойств (рис. 15.1). Минералы урана в полированных шлифах характеризуются яркой анизотропностью в поляризационном отраженном свете и относительно высокой отражательной способностью. Местами минералы урана окружены буровато-красными или бурыми гидроокислами железа. Часто встречаются зерна самородного золота (размерами 0,01мм) и редкие вкрапления халькопирита. Иногда рудные минералы образуют отдельные почки или неоднородные гроздевидно-игольчато-почковидные агрегаты сросшихся шариков-стяжений нескольких разновидностей настурана (рис. 17-18).

Уранинит встречается в виде светло-серых с голубоватым оттенком одиночных идиоморфных кристалликов кубической, октаэдрической и комбинированных форм, либо кристаллов с округленными гранями. Отмечаются также их гнездовидные скопления и ксеноморфные агрегаты. Кристаллы уранинита размерами 0,02-0,04мм идиоморфные, псевдогексагональной сингонии, изометричные, вытянутые, иногда кристаллические индивиды имеют расплывчатые (оплавленные ?) контуры. Часто кристаллики размерами 0,05-0,08мм, либо их скопления, вытянуты в виде мелких прожилочек. В полях настурана размеры мелких кристаллических индивидов уранинита достигают 0,06мм. Отдельные идиоморфные кристаллы имеют однородный состав, другие неоднородны – в центральной части зерен часто отмечаются темно-серые оспины. Кристаллы уранинита размерами до 0,08мм псевдогексагональной формы имеют также, как и шарики настурана, неоднородный состав (рис. 14.1-2). Отражательная способность колеблется в пределах 18-20%, в некоторых из них наблюдаются очень сильные желто-бурые внутренние рефлексы, другие анизотропны (рис. 12).

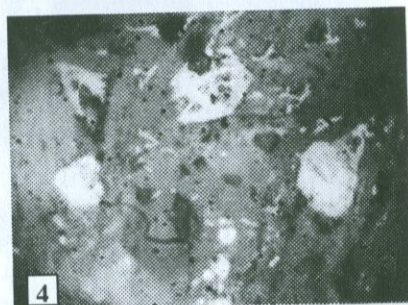
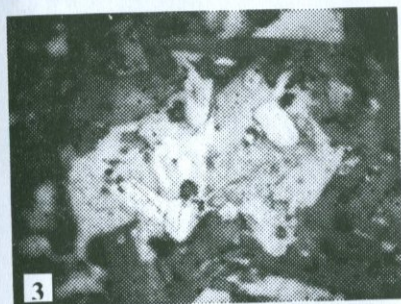


Рис. 17. Морфологические разновидности кристаллов уранинита в железной шляпе. Ув. х400.

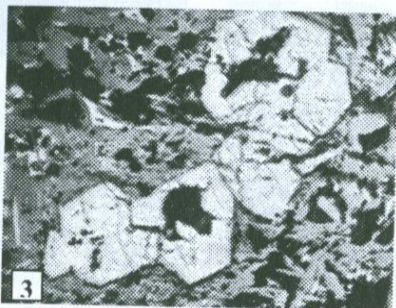


Рис. 18. Морфологические разновидности кристаллов уранинита в железной шлапе. Ув. х400.

Характерной особенностью **настурана** является коллоидная форма выделений, в виде почек, шариков-стяжений, реже ксеноморфных скоплений. Настуран характеризуется переменным составом (от светло-серого по периферии до темно-серого цвета в центральной части). Наряду с ярко выраженными почками настурана наблюдаются также признаки зарождения роста почек, фазовых превращений и других изменений, типичных для сферолитовых дендритов (рис. 19-20).

Почковидные или округлые формы его выделений характеризуются коллоидно-скорлуповатым строением, обнаруживающимся по отложению более светлых и более темных концентрических зон, которые перемежаются между собой или с нерудным минералом. В выделениях настурана нередко обнаруживаются тре

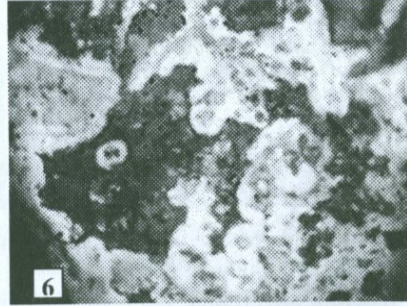
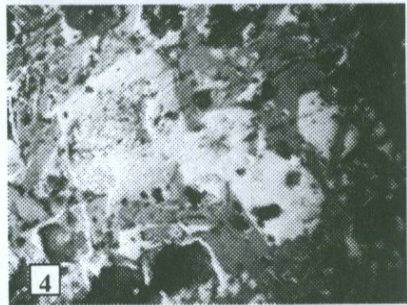
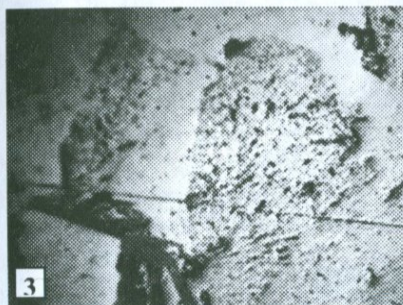
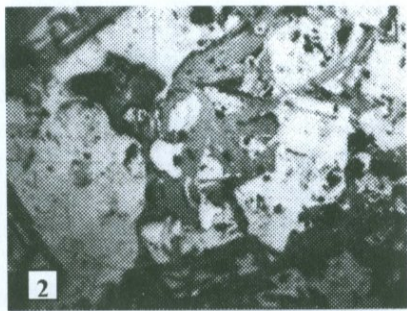


Рис. 19. Морфологические разновидности настурана в железной шляпе. Ув. $\times 250$.

1-4 – зарождение роста почек сферолитовых дендритов настурана, расщепление лучистых субиндивидов; 5-6 – тонкие каемки и шарики настурана, в центре халькопирит (яркое зерно), ув. $\times 400$.

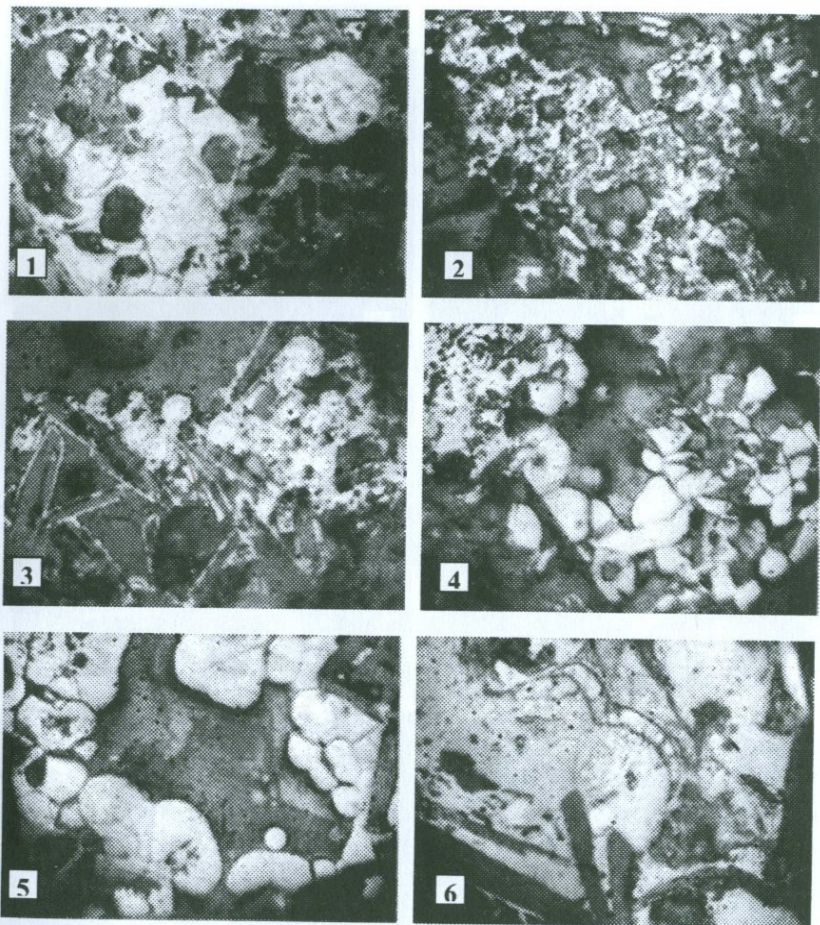


Рис. 20. Морфологические разновидности настурана в железной шляпе. Ув. $\times 250$.

1 – шарики настурана; 2-3 – скопление шариков настурана в трещинах и в интерстициях кристалла кварца; 4-5 – скопление шариков настурана в виде кольца; 6 – шарики настурана, по периферии наблюдается сильная анизотропная яркая желто-оранжевая кайма вторичных урановых минералов (отенит).

щинки усыхания, образованные в процессе дегидратации геля. Трещинки усыхания распространены лишь в пределах выделений настурана и располагаются по радиально-лучистым направлениям, подчеркивая скорлуповато-зональное строение колломорфных выделений. Наблюдаются участки, в которых ксеноморфные выделения настурана развиваются в интерстициях кристаллов гипса (рис. 19-20).

Отмечаются частично или нацело окислившиеся почки настурана. Шаровая поверхность настурана местами превращена в чернь. Иногда в почках настурана, вдоль слоев или по периферии, наблюдается сильно анизотропная яркая желто-оранжевая кайма вторичных урановых минералов, возможно, отенита (рис. 20.6). Не исключается и сложный состав разновидностей настурана и их гидроокислов.

Иногда скопления зерен настурана отмечаются в виде кольца - атолловидные скопления или дуги с трещинками усыхания, расположенными радиально от центра (рис. 20.4-5).

Настуран образует скопления, представляющие неоднородную смесь, состоящую, по всей вероятности, из двух основных разновидностей: настуран-I - это светло-серый, с отражательной способностью порядка 18-20% и более темно-серый - настуран-II с отражательной способностью 14-16% и без внутренних рефлексов. Размеры выделений колеблются в пределах 0,04мм. Обе разновидности встречаются в виде совместных взаимосросшихся минералов. Обычно настуран-I приурочен к периферии зерен в виде каемчатых образований вокруг настурана-II, но наблюдаются и обратные картины и ритмически повторяющиеся и сменяющие друг друга колломорфно-зональные кружевные образования с настураном-III и с нерудными минералами. Редко встречается настуран-IV - темно-серый с буроватым оттенком, развивается в виде пятнистых образований внутри настурана-I и в виде каемок вокруг всего сложного агрегата настуранов. Отражательная способность его низкая, порядка 13-14%. Отмечаются частично окислившиеся участки или отдельные почки настурана с остаточными урановыми чернями или смесями гидроокислов урана и железа, развивающимися по

определенным зонам настурана и сохранившими форму первичных минералов (рис. 21.3-4).

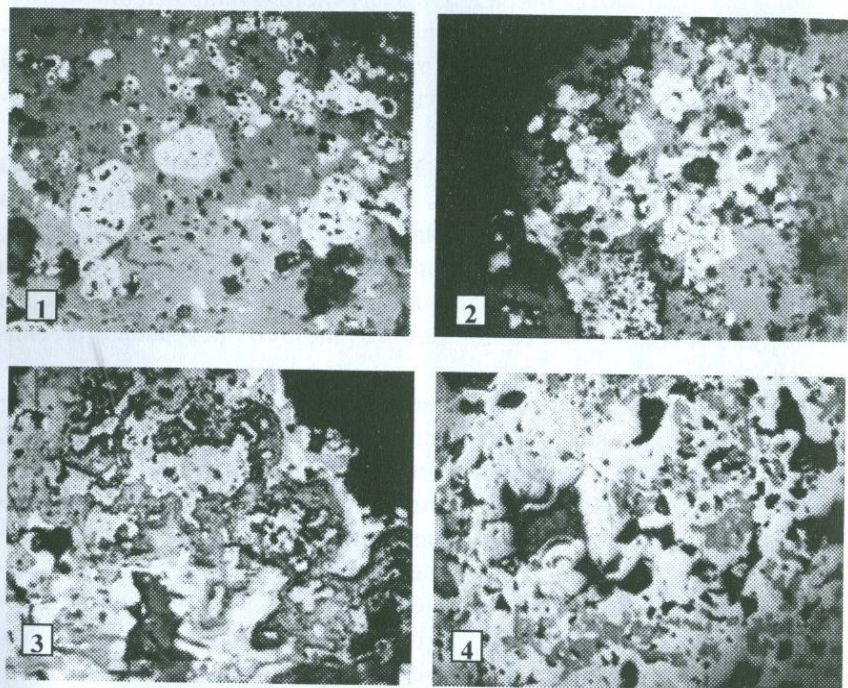


Рис. 21. Кристаллические и колломорфные выделения настурана и уранинита в железной шляпе. Ув. $\times 250$.

1-2 – кристаллические и колломорфные выделения окислов урана; 3-4 – частично окислившиеся участки почек настурана с остаточными чернями или смесями гидроокислов урана и железа.

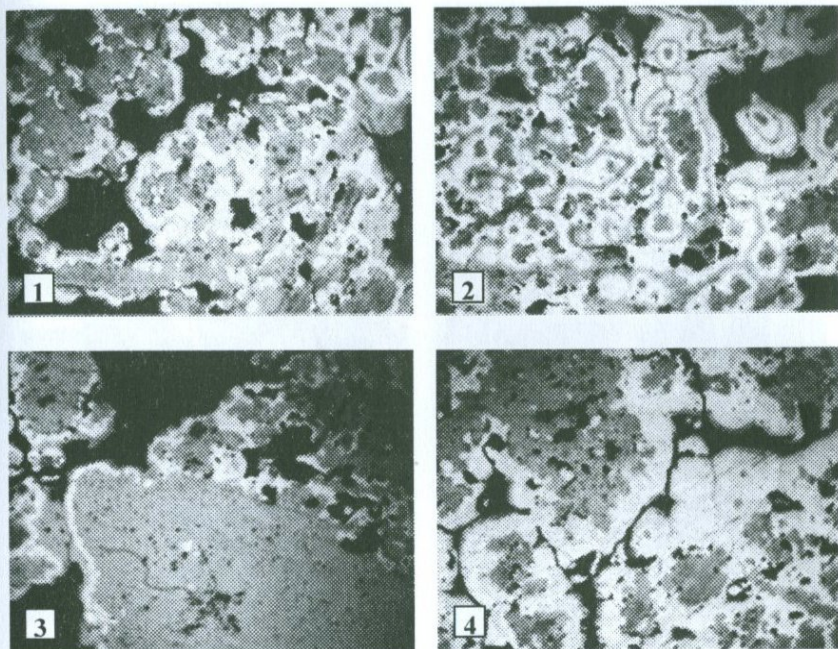


Рис. 22. Кристаллические и колломорфные выделения настурана и уранинита в железной шляпе. Ув. х250.

1-4 – неоднородные агрегаты шариков настурана.

Почки настурана часто отлагаются на выступах и краях ранее выделившихся минералов, точно оконтуривая их, принимая очертания последних.

В полях настурана в виде небольших гнездышек довольно редко отмечаются мелкие кристаллики прямоугольной и овальной формы с оплавленными контурами, с буровато-желтыми внутренними рефлексами, с более высокой отражательной способностью и с буроватым оттенком (рис. 22). Возможно, это кристаллы уранинита. Гроздевидно-колломорфные агрегаты содержат по периферии отдельные шарики или грозди шариков с очень тонкой каем-

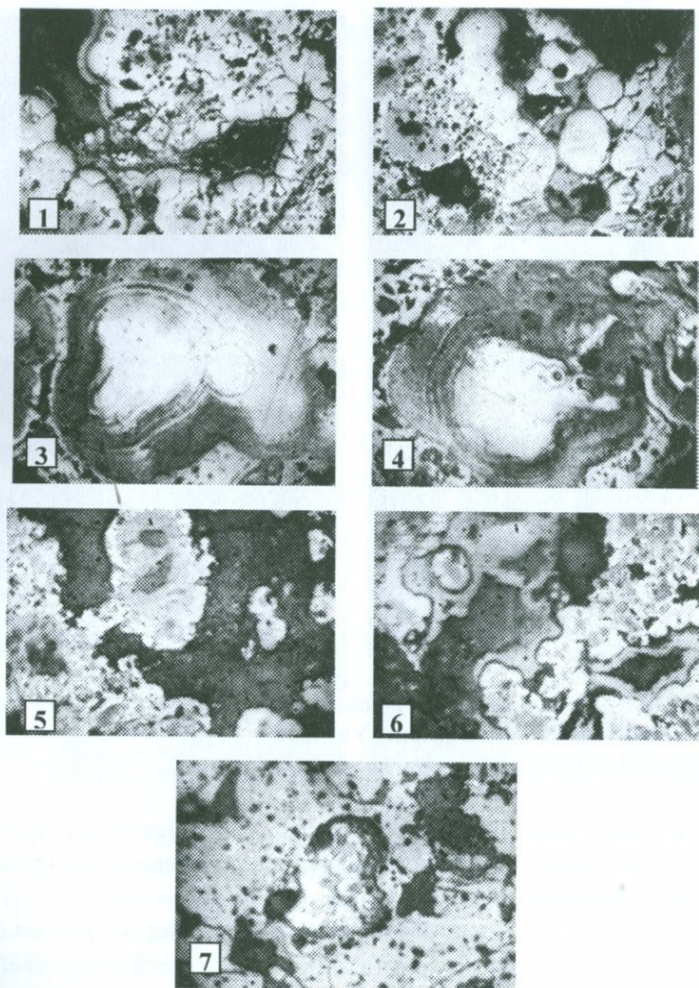


Рис. 23. Морфологические разновидности выделений настурана и гидроокислов железа.
 1-4 – колломорфно-зональная и шарикообразная форма выделений разновидностей настурана и гидроокислов железа, ув. $\times 250$. 5-7 – сфероиды настурана концентрически-зонального строения и коллоидные образования – коагуляты. Ув. $\times 250$.

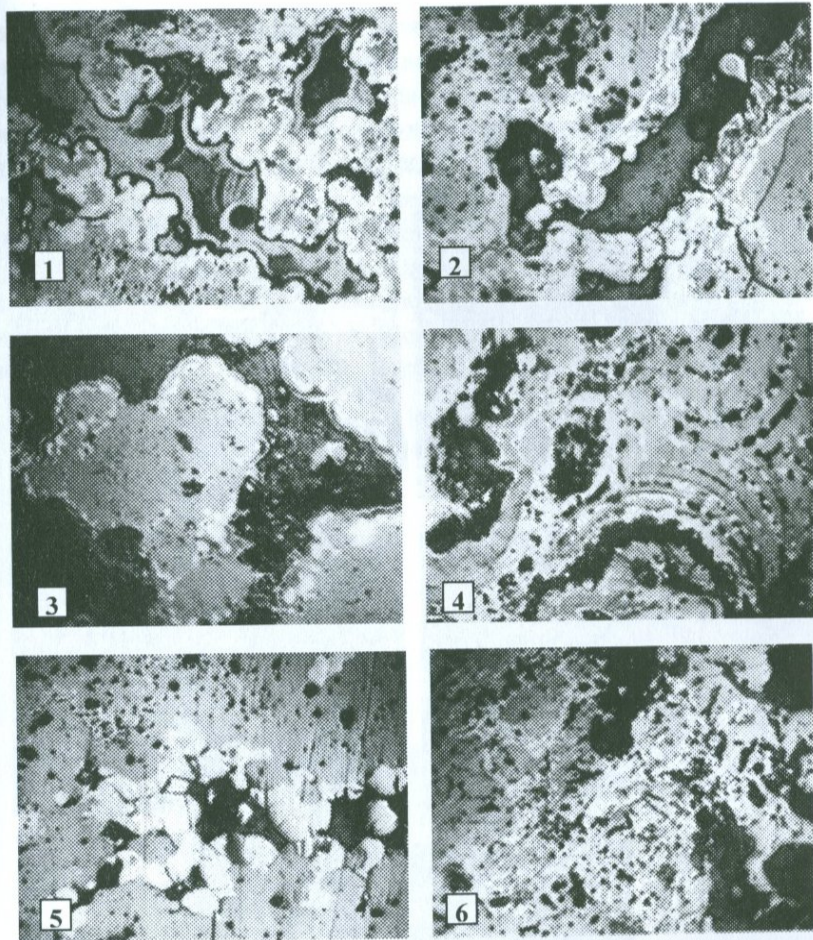


Рис. 24. Морфологические разновидности настурана .

1-4 – неоднородные агрегаты шариков настурана, возможно, с гидроксидами железа и гидронастурана, ув. x250; 5 – неоднородные многокомпонентные агрегаты с мелкими кристаллическими индивидами ромбического, округлого и прямоугольного сечения со структурой “разбитой тарелки”, ув.x250; 6 – мелкие кристаллические индивиды в неоднородном агрегате шариков настурана, ув. x250.

кой урановой черни или, возможно, гидронастурана и гидроокислов железа (рис. 23-24). Окантовка шариков настурана урановыми чернями дает оригинальные узоры и необычные текстуры. Отмечаются отдельные крупные почки колломорфно-зонального настурана, в которых перемежаются между собой не только разновидности

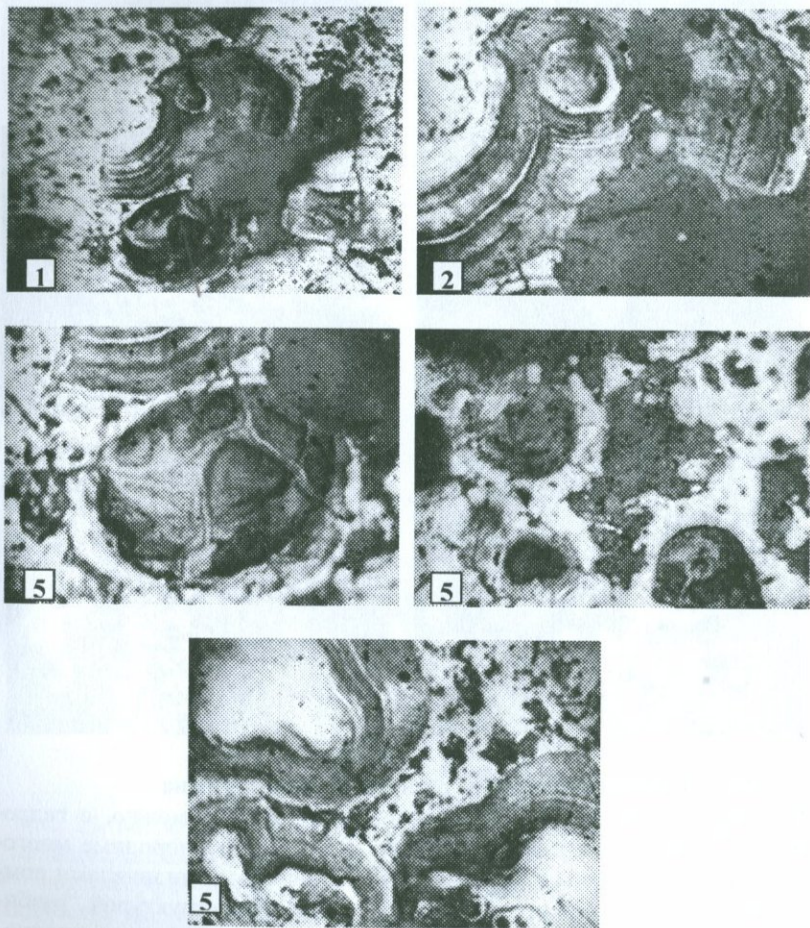


Рис. 25. Почки настурана частично или нацело окисленные. Ув. х250.

настурана, но и в разной степени измененные концентрические зонки. Почки настурана частично или нацело окислены (рис. 25). Окисленные участки приурочены к периферии настурана, окисление последнего затухает в направлении от поверхности к центру.

В ксеноморфных агрегатах многокомпонентного неоднородного состава встречаются мелкие кристаллические индивиды размерами 0,02-0,04мм, ромбического и прямоугольного сечения (до 0,01мм), наблюдаются полисинтетические двойники и сильная анизотропия с яркими желтыми внутренними рефlekсами, возможно, отенит, метаторбернит или торбернит, которые характерны для зоны гипергенеза урановых месторождений (рис. 26).

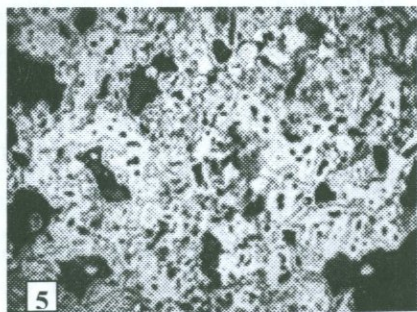
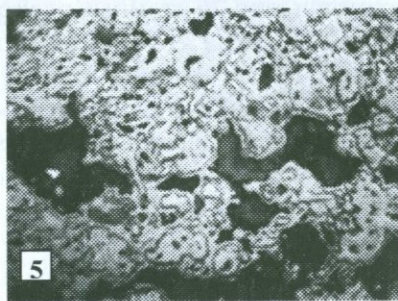
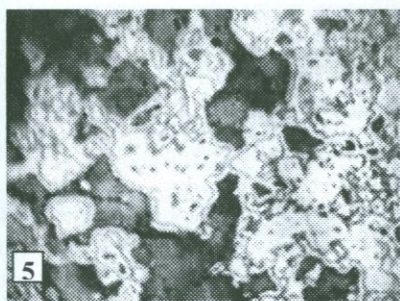


Рис. 26. Скопления шариков настурана с очень тонкими каемками урановой черни, гидронастурана и гидроокислов железа. Ув. x250.

Глава 5. ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ УРАНОВЫХ РУД

На современном этапе развития человечества нет альтернативы атомной энергетике, которая не только определяет экономику и политику ведущих стран мира, но и развивает энергетическую стратегию мирового сообщества. Со второй половины XX века атомные электростанции мира производят около 18% электроэнергии, при этом ядерные реакторы вырабатывают электроэнергию до 16% в России (а в скором будущем до 20-25%), 75-80% – во Франции и целых 90% – в сейсмоактивной Японии. Проектируется строительство 26 атомных энергоблоков в России и за рубежом. В 2010г. запущена атомная электростанция в Бушерах (Иран), готовится к пуску атомный реактор в Болгарии, ведутся переговоры между Россией и Турцией о строительстве атомных станций. Планируется строительство атомных электростанций в Индии и Китае. У России солидный пакет проектов.

Ядерная энергетика не выжигает кислород, не создает парникового эффекта и выбрасывает в атмосферу значительно меньше радиоактивных и других вредных для здоровья человека веществ (золу, оксиды серы, азот, ванадий, углерод, альдегиды и др.), чем любая другая энергетика. Проживание людей вблизи ТЭС, работающих на органическом топливе, в 36 раз опаснее проживания вблизи АЭС (Голик, Брюховецкий, Габараев, 2007).

Основными стадиями переработки уранового сырья являются добыча урановых руд и получение уранового концентрата, аффинажное производство, изотопное обогащение и изготовление ядерного топлива.

Извлеченная из недр урановая руда перерабатывается на обогатительных фабриках, где из нее получают урановый концентрат. Он очищается на аффинажных заводах и в виде гексафторида урана (промпродукты: триоксид - UO_3 , двуоксид - UO_2 и тетрафторид - UF_4) проходит стадию изотопного обогащения (уран с концентрацией изотопа ^{235}U – 1,4-4,4%) для последующего производства реакторного топлива, используемого в атомных энергетических

ких установках (в реакторах морских судов до 20% ^{235}U или высокого обогащения – до 90%). В некоторых странах (например, в США и Канаде) на завершающей стадии ядерно-топливного цикла отработанное топливо после выгрузки из реактора выдерживается некоторое время в специальных бассейнах на территории АЭС, а затем отправляется в долговременные хранилища. Такой ядерно-топливный цикл получил название “открытого”. В других странах (например, во Франции и в России) из отработанного ядерного топлива извлекают уран и плутоний. Уран снова поступает на предприятие по аффинажу, изотопному обогащению и далее на заводы по изготовлению реакторного топлива, а плутоний, обычно в сочетании с истощенным ураном (отходами изотопно-обогащительного производства), реже – с регенерированным ураном отработанного реакторного топлива отправляется на заводы по изготовлению **смешанного оксидного уран-плутониевого топлива** (или МОКС-топлива). Ядерно-топливный цикл, включающий дополнительную стадию переработки отработанного реакторного топлива, называется “замкнутым”.

В большинстве реакторов применяется обогащенный уран, а исходным соединением для его обогащения является **гексафторид урана**. Менее распространены реакторы типа “Magnox”, топливом которых служит **металлический уран с природным соотношением изотопов**. На АЭС с энергетическими блоками “CANDU” в качестве горючего используется диоксид урана, также с природным соотношением изотопов. Топливные элементы для реакторов “Magnox” и “CANDU” изготавливают непосредственно из **необогащенного урана** или его диоксида, поступающих с аффинажных заводов, минуя стадию изотопного обогащения.

Конечными продуктами природного уранового сырья являются химически чистые его соединения, из которых изготавливается топливо для ядерных реакторов. Производственные стадии его переработки являются неотъемлемой частью ядерно-топливного цикла (ЯТЦ), включающего весь процесс – от добычи сырья для производства ядерного топлива до утилизации.

Изготовление реакторного топлива включает выпуск тепло-выделяющих элементов (ТВЭЛов), состоящих из топливного сердечника в виде спеченных таблеток, помещенных в цилиндрическую оболочку. Зазор между сердечником и оболочкой заполняется гелием или смесью гелия и аргона. ТВЭЛы собираются в кассеты, называемые тепловыделяющими сборками.

В настоящее время в большинстве энергетических ядерных реакторов мира в качестве топлива используется обогащенный диоксид урана с оболочкой из циркониевых сплавов. ТВЭЛы зарубежных и российских реакторов не имеют принципиальных конструктивных отличий и различаются лишь сечениями тепловыделяющих сборок.

5.1. Способы добычи и переработки урановых руд

Со времени своего открытия в 1789г. и до начала XX века уран использовался в качестве красителя и покрытия для керамики и стекла. В период между началом XX века и 30-ми г.г. он рассматривался в качестве отхода при производстве радия, который использовался в различных инструментах, люминесцентном покрытии для часов, а также в медицинских целях. Крупномасштабная добыча урана началась только после открытия деления ядер в 1938г. Хотя уран встречается в природе в небольших количествах, он добывается в шахтах, где его концентрация составляет от 0,1 до 0,5% руды. В редких случаях она превышает 10%, как, например, в Саскачеванских месторождениях в Канаде, или достигает еще большей цифры. В настоящее время считают экономически целесообразным перерабатывать руды с содержанием оксида урана 0,05-0,07%. В советское время выщелачивались руды с содержанием урана 0,012-0,02%, что является хорошим ориентиром для таких стран, как Армения. При добыче руд с содержанием урана 0,1% для получения 1т оксида урана (U_3O_8) необходимо извлечь из недр примерно 1000т руды, не считая колоссального количества пустой породы от вскрытых и проходческих выемок. Такую огромную массу руды лучше всего перерабатывать и обогащать в непосред-

ственной близости от рудника. Все шире в практику внедряется комплексная переработка урановых руд с попутным извлечением других ценных компонентов (фосфора, ванадия, серы, молибдена, железа, меди, золота, редкоземельных элементов).

Существуют четыре основных метода добычи:

– Открытый (карьерный). Иногда включает способ кучного выщелачивания.

– Подземный (шахтный). Иногда включает способы подземного и кучного выщелачивания.

– Метод скважинного подземного выщелачивания (путем закачивания растворителя "in situ"). В этом случае водный раствор реагентов под большим давлением закачивается под землю с целью растворения содержащегося в руде урана. На поверхность земли выкачивается раствор различных солей урана, из которого извлечение металла химическим способом в фабричных условиях уже не представляет труда.

– Способ растворения отходов. Данный метод предусматривает добычу урана как сопутствующего продукта, содержащегося в крайне бедных рудах, которые образуются в результате добычи золота или фосфатов. Этот процесс предусматривает многократное прокачивание растворителя (серной кислоты или карбоната аммония) через руду с целью извлечения урана до тех пор, пока его концентрация в растворе не станет достаточно высокой.

Добыча урановой руды осуществляется в основном либо шахтным, либо карьерным способом – в зависимости от глубины залегания рудных пластов. В 2005г. на подземные рудники приходилось 38% массы добытого в мире урана, на открытые месторождения (карьеры) – 30%, способом подземного выщелачивания добывалось 21% урана, еще 11% получали как побочный продукт при разработке других видов полезных ископаемых.

Долгое время шахтный метод добычи урановой руды был основным. Урановые шахты принципиально не отличаются от других типов шахт, разве что более сильной вентиляцией и повышенной степенью охраны труда. На руднике урановую руду извлекают из горного массива буровзрывным способом.

Довольно часто (особенно в прошлом) уран добывали открытым способом в карьерах. Примером может служить рудник Актау (Казахстан). Карьер размером 17х3км обеспечивает его производительность – 650т урана в год. Такие карьеры наносят существенный урон окружающей среде – их рекультивация практически невозможна. Открытым способом добывали одно время уран также в Краснокаменске (Восточное Забайкалье).

В современной промышленности в силу отсутствия богатых урановых руд (исключение составляют канадские месторождения несогласия, где концентрация урана доходит до 30%, и австралийские с содержанием урана до 3%) используется способ подземного выщелачивания руд. Это – один из самых рентабельных и экологически чистых способов добычи, который не требует ни карьеров, ни шахт. Предварительная подготовка идет непосредственно под землей. Способ применим в тяжелых климатических условиях и вечной мерзоты. Технология абсолютно закрытая, герметичная. Недра практически не разрушаются и даже полностью восстанавливаются в течение нескольких лет.

Подземное скважинное выщелачивание – способ разработки рудных месторождений без поднятия руды на поверхность, путем избирательного перевода ионов природного урана в продуктивный раствор непосредственно в недрах. Данный метод осуществляется бурением скважин через урановорудные тела, подачи раствора в урановорудные тела, подъемом ураносодержащих растворов на поверхность и извлечением из них урана на сорбционных ионообменных установках, добавлением кислоты в маточные растворы и закачкой их снова в недра.

Вся площадь месторождения пробуривается скважинами (колоннами), при этом скважины располагаются в плане рядами, многоугольниками, кольцами. В одну из скважин закачивается раствор (обычно 1-2%-ый раствор серной кислоты), иногда с добавлением солей трехвалентного железа (для окисления урана U(IV) до U(VI), хотя руды часто содержат железо и пиролюзит, которые облегчают окисление). Идет процесс выщелачивания урана. Через другую скважину продуктивный раствор с помощью насоса извле-

кается наверх. Далее он непосредственно поступает на сорбционное, гидрометаллургическое извлечение и одновременное концентрирование урана.

Метод подземного скважинного выщелачивания является наиболее привлекательным способом добычи урана с точки зрения упрощенности технологических операций. При данном методе не происходит изменения геологического состояния недр, т.к. не производится выемка горнорудной массы. Общая поверхность земли, занимаемая полигоном подземного выщелачивания и перерабатывающим цехом для получения 500 метрических тонн U/год U_3O_8 , в три-четыре раза меньше площади, занимаемой типичным гидрометаллургическим заводом с такой же производительностью. В процессе скважинного выщелачивания в подвижное состояние в недрах переходит и выводится на поверхность менее 5% радиоактивных элементов по сравнению с 100% при традиционных способах добычи урана. Серная кислота при контакте с породой превращается в гипс. Здесь отпадает необходимость строительства хвостохранилищ для отходов с высоким уровнем радиации. Есть маленькие пескоотстойники, которые после завершения добычи легко рекультивировать.

Отметим, что часто природная гидрогеохимическая среда на урановых месторождениях обладает способностью к самовосстановлению от техногенного воздействия. За счет постепенного восстановления естественных окислительно-восстановительных условий происходит хотя и медленный, но необратимый процесс рекультивации подземных вод рудовмещающих плодородных горизонтов. Возможна интенсификация этого процесса, ускоряющая рекультивацию в десятки раз. Примером естественной деминерализации остаточных растворов может служить результат 13-летних наблюдений, проведенных на месторождении Ирколь (Южный Казахстан), что свидетельствует о рассасывании воздействия на природную среду при скважинном подземном выщелачивании урана.

Процесс подземного выщелачивания основывается на бактериально-химическом окислении сульфидов. На урановых месторождениях, где сульфидность руд низкая (до 1,0, реже до 2-3%),

кислоты в подземных водах нет. Поэтому здесь действуют другие бактерии или их ценоз, в т.ч. *Acidithiobacillus ferrooxidans*, непосредственно в контактах сульфидных минералов. Источником небольшого количества кислоты являются не закачные скважины, а сульфидные частицы по всей массе руд и вмещающих пород, постоянно контактирующие с кислородом. Процесс выщелачивания продолжается до тех пор, пока не иссякнет какой-либо из 5 компонентов – сульфиды, кислород, бактерии, карбонаты, уран. При наличии в воде окислителя O_2 все выщелоченные компоненты находятся в растворенном состоянии и мигрируют вниз по потоку подземных вод. При достижении зоны пластового окисления (ЗПО) и внедрения кислородных вод в сероцветную зону восстановления кислород быстро расходуется, тионовые бактерии подавляются и начинают действовать сульфатредуцирующие бактерии, быстро восстанавливающие окисленные компоненты, включая уран. Таким образом, вблизи границы ЗПО за длительный геологический период накапливаются промышленные концентрации урана, РМ и РЗЭ, образуются вторичные карбонаты и сульфиды. Действительно, на месторождении Учкудук в дренажных скважинах подземных горных выработок и водосборных траншеях карьеров были выявлены случаи обогащения дренируемых подземных вод ураном до 50-100 мг/л. Это явилось свидетельством окисления руд кислородом при вскрытии их выработками и выщелачивания из них урана бикарбонатным растворителем и указало на возможность обработки инфильтрационных месторождений способом подземного выщелачивания.

Наиболее перспективной и экологически безопасной является кислородно-водная безреагентная технология. Реагенты генерируются в пласте, а окислитель O_2 можно получить из воздуха, который пока не имеет цены. Достаточно повысить дебиты скважин до 40-50 м³/час, и зона фильтрации растворов захватит всю площадь орошения, обеспечив извлечение не менее 70-80%. Хотя и процесс протекает медленно, но высокоэффективен и экологически чист. В мягком режиме выщелачивания используются растворы с кислотностью не более 3-5 г/л (Есаулов В.Н., Колпакова Е.В. и др.,

2008). Использование этой технологии скважинного подземного выщелачивания сильно расширило сырьевую базу урана Центрального Кызылкума (Навойский ГМК, Учкудук, Узбекистан) и способствовало развитию уранодобывающей промышленности. По этой технологии введены в эксплуатацию два новых месторождения урана – Кендыктубе, Лявлякан – и подготовленные к эксплуатации Тохумбет и Сугралы. Эта технология внедрена и за рубежом – в Китае на месторождении Чань. Осваивается технология извлечения попутных компонентов из продуктивных растворов – рения, скандия, иттрия, редких земель и др. Отметим, что вместо атмосферных

Таблица 7

Крупнейшие производственные центры по добыче и переработке урановых руд

№№	Производственный центр	Виды производств	Месторождения	Проектная мощность, т/г	Добыча в 2007г, т	% от мирового производства	Владелец оператор
1.	МакАртур-Ривер, Канада	горнодобывающее предприятие	МакАртур-Ривер	7200	7201	17,48	Самесо – 69,8%
2.	Рейнджер, Австралия	комбинат*	Рейнджер	4660	4589	11,14	ERA (68% Rio-Tinto)
3.	Олимпик Дэм, Австралия	комбинат	Олимпик Дэм	3930	3354	8,14	WMC Resources (100% BHP Billiton)
4.	ШГХО, Россия	комбинат	Антей, Стрельцовское, Октябрьское и др.	3500	3037	7,37	В доверит. управлении АРМЗ
5.	Россинг, Намибия	комбинат	Россинг	4000	2582	6,27	Rossing (68% Rio-Tinto)
6.	НГМК, Узбекистан	комбинат	Сугралы, Северный, Канимех и др.	2300	2270	5,51	НГМК
7.	Раббит-Лейк, Канада	комбинат	Игл-Поинт	4615	1544	3,75	Самесо – 100%
8.	Акута, Нигер	комбинат	Акута, Акола	2300	1404	3,41	COMINAK (34% AREVA)
9.	МакКлин-Лейк, Канада	комбинат	Сью А-С, МакКлин	3077	730	1,77	AREVA – 70%

осадков при этом используется пластовая вода, насыщенная кислородом. Кислород воздуха подается в пласт эжекционным способом через заливочные шланги, опущенные в закачные скважины под уровень воды, или непосредственным периодическим нагнетанием сжатого воздуха через закачные и откачные скважины. При этом пласт используется в качестве природного автоклава, в котором растворимость увеличивается пропорционально гидростатическому давлению. Необходимо только подавать его в пласт в газообразном состоянии. При низких содержаниях сульфидов и карбонатов (<0,5 или <1-2% CO_2) можно немного подкислить воду до $\text{pH}=4-3$ (не более 3-5г/л).

5.2. Зарубежный опыт комплексного использования золотоурановых руд

Характерной особенностью технологии переработки комплексных золото- и урансодержащих руд является возможность использования достижений одной подотрасли в другой (в данном случае урановой в золотодобывающей и наоборот), обеспечивая при этом большой технологический и экономический эффект.

Золото и уран генетически не связаны между собой и в рудах, как правило, не образуют совместных минеральных ассоциаций. В комплексных золотоурановых рудах основная масса урана представлена обычно уранинитом (UO_2), а золото преимущественно ассоциировано с пиритом, массовая доля которого в рудах колеблется в пределах от долей процента до 3-5%. При этом очень часто золото в пирите образует тонкую и эмульсионную вкрапленность, что придает золотоурановым рудам “упорный” характер. По некоторым сведениям в рудах данного типа встречается золото, ассоциированное с тухолитом (смесь урановых минералов с органическим веществом неопределенного состава, который покрывает поверхность золотинок, препятствуя их смачиванию и растворению в выщелачивающих растворах).

Современная технология переработки комплексных золотоурановых руд базируется на 4-х основных технологических процес-

сах: сернокислотном выщелачивании урана, цианировании, флотации и окислительном обжиге, которые могут применяться в различной последовательности и в различных сочетаниях, удачно дополняя друг друга. Это позволяет организовывать производство золота и урана из комплексных руд в рамках одного и того же предприятия, работающего по схеме с полностью законченным циклом обработки руды. Типичными примерами предприятий такого рода являются “Vaal Reefs”, “Bufflesfontein Gold” и “ERGO”, функционирующие в ЮАР (Лодейщиков, 2005).

Проблема комплексного использования золотоурановых руд наиболее полно освещена В.В. Лодейщиковым в фундаментальной монографии “Золотоизвлекающие фабрики мира: аналитический обзор” (2005). В настоящей главе мы воспользовались этими материалами.

В составе “Vaal Reefs” действует несколько урановых и золотоизвлекающих фабрик с общей производительностью порядка 6 млн.т и годовой добычей золота 35т. Классическая технология переработки руды, добываемой подземным способом, основана на концепции FUG (флотация-уран-золото), согласно которой руду перерабатывают по схеме: грубое измельчение, коллективная флотация золота и урана, сернокислотное выщелачивание урана из концентрата, нейтрализация и цианирование остатков кислотной обработки, доизмельчение и цианирование хвостов флотации, СІР (абсорбция металла гранулированным активированным углем).

На “Bufflesfontein Gold” переработку руды производят по схеме, включающей кислотное выщелачивание урана, цианирование золота, флотацию пирита из хвостов цианирования, обжиг пиритного концентрата (с получением H_2SO_4) и цианирование огарка.

Горнодобывающий комплекс “ERGO” является крупнейшим предприятием мира, осуществляющим переработку лежалых хвостов обогащения золото- и урансодержащих руд. Сырьевую базу предприятия составляют хвосты цианирования 18 старых хвостохранилищ района East Rand с общими запасами около 370 млн. т и средним содержанием Au – 0,47г/т, U – 34г/т и массовой долей

пиритной серы – 0,63%. Схема обработки лежалых хвостов (после гидравлического размыва отвалов) приводится на рис. 27

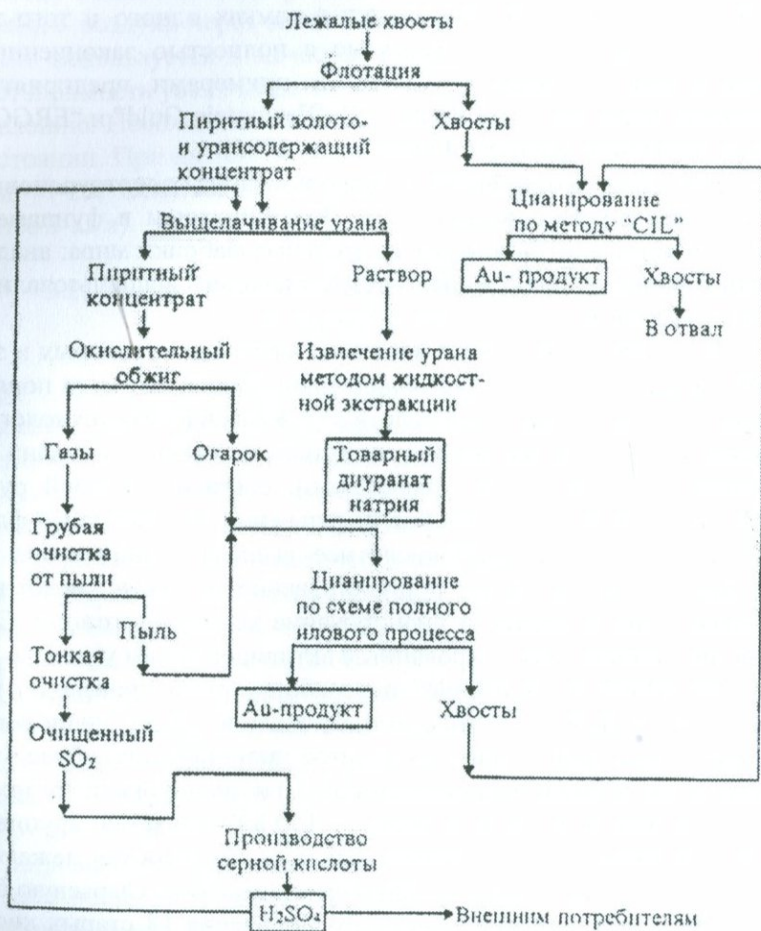


Рис. 27. Схема переработки лежалых хвостов хвостохранилища East Rand (Горнодобывающая компания "ERGO", ЮАР).

Годовая производительность комплекса составляет 20 млн. т руды, 7,2т золота, 160т U_3O_8 и 475 тыс. т серной кислоты.

В составе предприятия функционирует самая крупная в мире фабрика, работающая по угольно-сорбционной технологии извлечения золота (90тыс. т руды в сутки).

Характерным примером переноса достижений одной подотрасли в другую является заимствование опыта уранового завода ГМЗ-1 (Навоийский горнометаллургический комбинат, Узбекистан): ионообменная технология извлечения металлов из пульпы была успешно освоена на золотодобывающих цехах ГМЗ-2, осуществляющих гидрометаллургическую переработку относительно бедных золотых руд крупнейшего в мире месторождения Мурунтау. Это послужило толчком к широкому внедрению данного технологического процесса и на других предприятиях золотодобывающей промышленности СССР. Произошел резкий подъем научно-технического уровня производства золота в стране.

Из практики работы золотоурановой промышленности предлагается новый вариант коллективной сорбции меди и золота из цианистых растворов на активированный уголь с последующим раздельным элюированием металлов из насыщенного угля и раздельной переработкой медных и золотых элюатов (совместная разработка "ERGO" – ЮАР и AARL – США).

Использование золотосодержащих пиритов является образцовым примером сочетания урановой и золотой технологий. Многие пиритные концентраты содержат тонкодисперсное (инкапсулированное) золото, извлечение которого цианированием возможно только после предварительного его вскрытия химическим или термохимическим способом. Наиболее эффективным является автоклавное окисление, широко применяемое в золотодобывающей промышленности. Следует учесть, что эффект кислотного окисления пирита под давлением, обеспечивающий улучшение показателей последующего цианирования золота, впервые установлен на урановом заводе "Vaal Reefs" при обработке автоклавным методом пиритсодержащего золотоуранового концентрата. Извлечение урана в растворы повышается благодаря генерации серной кислоты

при окислении пирита, а также разрушению некоторых упорных титановых минералов, в частности браннерита. Вместе с тем происходит освобождение пирита от ассоциированного с ним упорного золота, что обеспечивает доступность золота для последующего цианирования.

На этом предприятии построена установка бактериального окисления сульфидов – BIOX (15т/сутки), предназначенная для проведения испытаний технологии извлечения урана и золота. К этому времени были известны результаты по использованию BIOX на упорных золотосодержащих концентратах (разработка компании “Gencor” и завода южноафриканского “Fairview”), которые были использованы при биогидрометаллургической переработке комплексных золотоурановых концентратов. Данная технология является эффективной и перспективной и может быть внедрена на других предприятиях, перерабатывающих упорные золотосодержащие (золотоурановые) руды по технологии флотация + BIOX + цианирование. Применение этого режима обжига на “ERGO” позволило повысить извлечение золота при цианировании пиритных огарков (Au – 10-15г/т) на уровне более 90%.

5.3. Советский опыт добычи и переработки урановых руд

В советское время добыча и переработка урановых руд производились в 5 центрах: Лермонтовское рудоуправление (г.Лермонтово, Северный Кавказ, РФ), Ленинабадский ГМК (г.Чкаловск, Таджикистан), Целинный ГХК (г.Степногорск, Казахстан), Приаргунский ГХК (г.Краснокаменск, РФ) и Восточный ГОК (г.Желтые Воды, Украина).

В настоящее время в распоряжении России находится только одно эксплуатируемое урановое объединение – Стрельцовская рудная провинция в Восточном Забайкалье, где действует одно из крупнейших в мире Приаргунское производственное горно-химическое объединение по добыче и переработке урановых руд в г.Краснокаменске Читинской области. По программе “Уран России” предусматривается добыча урановых руд в Даурии (Ю. Урал),

в Западной Сибири и Бурятии – в количестве 10 тыс.т в год, при потребности 8 тыс.т в год и обеспеченности всего 3 тыс.т в год (Приаргунское объединение). Таким образом, обеспеченность запасами урановых руд остается неудовлетворительной (37,5%), т.к. в странах российской ядерной ориентации – Иране, Ираке, Индии, Пакистане, Китае и др. – в ближайшие годы потребность в уране сильно возрастет.

Ниже приводятся краткие данные по добыче и переработке крупнейших производителей урана в СССР.

5.3.1. Некоторые особенности морфологии рудных тел урановых месторождений

В морфологическом отношении урановые месторождения характеризуются наличием различных типов, обусловленных формационно-генетическими условиями их образования.

Можно выделить следующие морфологические типы рудных тел урановых месторождений, разрабатываемых в советское время или разрабатываемых после распада СССР в суверенных (постсоветских) государствах, с выщелачиванием урана.

1. *Куполовидное гранит-порфировое тело.* Этот морфологический тип разрабатывается на Быкогорском месторождении Лермонтовского рудоуправления. Куполовидное гранит-порфировое тело, прорывает осадочные образования палеогена. Мощность рудного тела 20м, коэффициент рудоносности ($K_{руд}$) – 0,25-1,0, коэффициент фильтрации – $< 0,1$ м/сутки. Объемный вес руды (сухой) – $2,2$ т/м³, удельный вес – $2,6$ т/м³, влажность – 8,5%, коэффициент крепости горных пород ($K_{кр}$) – 12-15, в зонах дробления – 8-6, мергелей и аргиллитов – 2-6.

2. *Линзообразные обособленные крутопадающие штокверки в грейзенизированных трещиноватых гранитах.* Этот морфологический тип был представлен на отработанных месторождениях Чаркасар-2 и Киик-Гал Ленинабадского ГМК.

На месторождении Чаркасар-2 рудные тела представлены обособленными крутопадающими рудными телами в виде линзооб-

разных штокверков неправильной формы. Рудовмещающими породами были фельзиты, нарушенные многочисленными тектоническими трещинами. Руда и вмещающие породы имели $K_{кр} - 10-12$. Более 50% запасов было сосредоточено в мелких разобщенных рудных телах с $K_{руд} - 0,7-0,9$. Основные рудные минералы – настуран и коффинит.

На месторождении Киик-Тал рудное тело представлено мелкозернистым аплитовидным гранитоидом, слабо грейзенизированным. Основные рудные минералы: урановая чернь, настуран, коффинит.

3. *Линзовидное штокверковое рудное тело в раздробленных фельзитовых порфирах (месторождение Восток, Целинный ГХК).* Штокверковое рудное тело с углом падения около $65-70^\circ$ залегало в неустойчивых, интенсивно раздробленных, глинизированных и насыщенных водой породах. Оруденение приурочено к бурым, однородным, сильно нарушенным фельзит-порфирам. Рудное тело имело линзовидную форму. Видимая мощность разлома, залеченного дайками кварцевых порфиров и диорит-порфиритов, колеблется в пределах от 5-8 до 20м.

На месторождении Маньбай крупный штокверк выходит на поверхность.

4. *Невыдержанные стратиформные рудные тела в базальных конгломератах, песчано-галечниковых и алевритово-песчаниковых отложениях, перекрывающих гранитоиды (месторождение Семизбай, Целинный ГХК).* Месторождение приурочено к эрозионно-тектонической депрессии, выполненной мезо-кайнозойскими отложениями. Фундамент депрессии сложен преимущественно гранитоидами, а на восточном фланге – вулканогенно-осадочными образованиями среднеордовикского возраста. Наиболее ярко выражены системы разломов широтного простирания. Разрез месторождения представлен тремя горизонтами:

1. Конгломератовый горизонт имеет неоднородное строение: переслаиваются конгломераты, галечники, гравелиты на глинистом и карбонатном цементе.

2. Песчанистый горизонт сложен крупно- и среднезернистыми аркозовыми песками и песчаниками с растительными остатками.

3. Алевролитопесчаниковый горизонт.

Оруденение и ореолы рассеяния минерализации установлены на расстоянии 36км, шириной 10км. Промышленное оруденение представлено стратиформными рудными залежами в нижней части разреза – от его базальных слоев до алевролитопесчаникового горизонта включительно. Выделяются два уровня оруденения: нижний рудоносный горизонт объединяет конгломератовый и песчаниковый горизонты; верхний рудоносный горизонт – совпадает с алевролитопесчаниковым стратиграфическим горизонтом. Залежи представлены сильно завоженными, прерывистыми по площади и мощности стратиформными телами мощностью от 0,2 до 7,3м, в среднем 2,1м, общей площадью от 4 до 930 тыс.м².

5. *Плоские крутопадающие лентовидные залежи (Ишимское месторождение Целинный ГХК).* Ишимское месторождение сложено рудными телами в виде плоских лент шириной 2-15м и средней мощностью 2м в трещиноватых породах блочной структуры. Угол падения залежей непостоянный, местами достигает до 40°, глубина залегания пластов от поверхности 60-600м.

6. *Жилообразные, линзообразные, неправильной формы крутопадающие тела, приуроченные к тектоническим нарушениям (группа месторождений Стрельцовского рудного поля Приаргунской ГХК).*

В Стрельцовском рудном поле (СРП) – одном из крупнейших урановорудных объектов мира – известны 18 сближенных урановых и молибден-урановых месторождений, которые располагаются в пределах вулканотектонической кальдеры мезозойского возраста площадью около 150км². Кальдера заполнена пестрыми по петрохимическому составу (кислыми-средними-основными) и резко неоднородными по физико-механическим свойствам вулканитами. Эти породы залегают на древнем кристаллическом основании – палеозойских гранитах и допалеозойских гнейсо-сланцевых карбонатных породах, характеризующихся в целом более однород-

ными, но в то же время достаточно высокими прочностными и заметно более низкими фильтрационными свойствами по сравнению с породами вулканического комплекса.

Стрельцовское ВТС локализуется в крупном узле пересечения региональных длительно развивавшихся глубинных разломов различных направлений. Многочисленные рудные тела СРП сложены настураном нескольких генераций, а также переменными количествами коффинита и браннерита. В пределах вулканического комплекса и пород фундамента рудные тела занимают различное геологическое положение. Они весьма разнообразны по морфологии, размерам и качеству руд. Выделяются 3 главных вида рудных тел: 1 – крутопадающие жилообразные залежи, сопряженные с зонами крупных секущих разрывных нарушений, в их числе наиболее крупные тела с богатыми рудами; 2 – изометричные по форме залежи штокверковых руд различного качества, развитые в трещинных зонах горизонтов вулканитов с повышенной хрупкостью; 3 – субпластовые пологозалегающие залежи прожилково-вкрапленных, в основном рядовых и бедных руд, приуроченных к межпластовым нарушениям.

Оруденение приурочено к крутопадающим (60-80°) тектоническим нарушениям мощностью от 0,1 до 0,8 м и сериям более мелких нарушений. Основные рудные тела имеют жилообразную форму, висячем и лежачем боках которых встречаются мелкие рудные тела жилообразной, линзообразной или неправильной формы. По простиранию и по падению наблюдаются раздувы и пережимы до полного выклинивания рудных тел. Мощность рудных тел изменяется от 0,5 до 16 м. Руда содержит тонкодиспергированный (т.е. тонкодисперсный или тонкорассеянный) уран в виде микровкрапленников и редко прожилков. Руды сильно трещиноватые, слабоустойчивые с большим количеством глинистого материала. Вмещающие породы трещиноватые, средней и слабой устойчивости.

5.3.2. Опыт добычи и переработки урановых руд

Целесообразно технологию добычи и переработки урановых руд в советское время рассмотреть по горно-химическим предприятиям.

1. Лермонтовское рудоуправление (г.Лермонтово, Северный Кавказ, РФ).

Месторождение Быкогорское. Месторождение обрабатывали системами горизонтальных слоев с креплением и закладкой пустой породой от проходческих работ, забалансовой рудой и металлосодержащими породами, а также системами с магазинированием руды. Рудные тела обрабатывались с учетом поступления руды в рудничную атмосферу с поверхности массива пород, отбитой руды и закладочного материала. Проветривание блоков через руду имело свои особенности – использовалась эффективная конструктивная система со схемой проветривания блока нисходящей струей с расположением вентилятора в откаточном штреке.

Горную массу подвергали предварительному дроблению на барабанном грохоте с отверстиями диаметром 50мм. После грохочения **подрешеточный материал** содержал до 70% металла от его количества в исходной руде, что давало возможность извлекать из забалансовой руды до 40% руды с промышленным содержанием металла и перерабатывать ее совместно с балансовыми рудами. **Надрешеточный материал** стал сырьем для кучного выщелачивания с содержанием урана 0,018%. Для извлечения урана использовали подземное и кучное выщелачивание из забалансовых руд.

Выщелачивание с предварительным дроблением массива. Днище формируется взрыванием глубоких скважин, пробуренных сверху вниз из выработок оросительного горизонта. Выпуск руды из компенсационной щели осуществляется на нижележащий откаточный горизонт. Орошение осуществляется через скважины в потолочном цикле. Магистральное давление 0,6 мПа в замкнутых скважинах и откачка продуктивных растворов из дренажных скважин с помощью электровакуумных установок. Извлечение 58%.

2. Ленинадский ГМК (г.Чкаловск, Таджикистан).

Месторождение Чаркасар-2 (месторождение отработано). Применяли системы разработки с магазинированием руды и естественным управлением массивом.

Подземное выщелачивание из забалансовых руд со средним содержанием урана 0,023%. Расход серной кислоты – 64,2кг/кг. Время отработки более – 300 дней. Концентрация урана в растворах – 38мг/л. Годовая производительность – 30т урана. Среднемесячная производительность блока – 4000т.

Месторождение Киик-Тал. Уран выщелачивается без предварительного дробления руды. Содержание урана в руде 0,017%. Используется серная кислота с концентрацией: на станции закисления – 30-35г/л, на станции активного выщелачивания и доработки – 10г/л. В растворах концентрация урана 40-90мг/л. Годовая производительность – 40т урана.

Месторождение Чаркасар-1. Выщелачивание забалансовых руд с содержанием урана 0,018%. Горную массу орошали через скважины с поверхности земли раствором серной кислоты, производительность – 30м³/ч. Продуктивные растворы собирали в приемнике и подавали на переработку ионообменным способом. Маточники доукрепляли реагентом и вновь подавали на орошение. Расход кислоты – 105,8кг/кг урана. Годовая производительность – 9т урана.

Месторождение Табошар. Забалансовые руды обрушали и затопляли раствором серной кислоты. Растворы откачивали на поверхность и перерабатывали на сорбционной установке. Содержание урана в руде – 0,017%. Расход кислоты – 224кг/кг урана. Годовая производительность – 12т урана.

Месторождения Адатаньга, Каитасай и Джекиндек. Выщелачивание бедных руд с содержанием урана 0,012% производилось в кучах объемом по 100тыс.т. Интенсивность орошения – 30-60л/м²/ч с концентрацией серной кислоты 10-20г/л. Расход серной кислоты – 178,8 кг/кг урана. Годовая производительность – 8т урана.

3. Целинный ГХК (г.Степногорск, Казахстан).

Месторождение Восток. На месторождении применяли систему слоевого и подэтажного обрушения с торцовым выпуском руды и заполнением пустот принудительно обрушенными породами. Потери – до 40%, разубоживание – до 60%. Для снижения разубоживания руды использовали гибкие разделяющие и несущие металлические перекрытия из канатов диаметром 28-32мм из стальной ленты 40х40мм. На месторождении Целинного и Приаргунского ГХК освоено комбинированное погашение пустот массивами выщелоченных на месте залегания руд с закладкой пустот твердеющими смесями. Камерами первой очереди извлекают богатые балансовые руды с выдачей их на поверхность для последующей переработки. Пустоты погашают твердеющей закладкой. Оставшиеся запасы обрабатываются выщелачиванием. Крепость пород 4-6. Блоки: длина – 23м, ширина – 5м высота 28м. Для сбора продуктивных растворов был пройден сборный штрек.

Месторождение Семизбай. Разрабатывается скважинным выщелачиванием. Участок выщелачивания включает: 1 – технологические 12-18скв., 2 – наблюдательные 4скв., 3 – вспомогательные 1-2 скв. Технологические скважины располагаются на интервале 10-25м, производительностью закачки – $2-3\text{м}^3/\text{ч}$ и откачки – $3,5\text{м}^3/\text{ч}$; с целью ограничения растекания растворов производительность откачки выше. Растворы перерабатывали на месте с извлечением металлов на ионообменных смолах и активированных углях при производительности комплекса $30-50\text{м}^3/\text{ч}$.

Месторождение Звездное. Скважинами диаметром 85мм для выщелачивания было отбито 69тыс.т руды, содержащей 37т урана. Коэффициент извлечения металла из руды составил 69,5%. Сквозной коэффициент извлечения урана из погашенных запасов блока составил 87%, что на 1,5% превышало показатели подземного традиционного способа.

Месторождение Маньбай. Более 20 лет производилось кучное выщелачивание забалансовых уран-молибденовых руд и хвостов суспензированного выщелачивания карбонатами. Промышленная установка кучного выщелачивания обеспечивала добычу 80т урана и 120т молибдена в год. В выщелачивание было вов-

лечено 8млн.т бедных руд. Обработка велась одновременно открытым и подземным способами с оставлением покрывки до 40м. Запасы при подземной добычи извлекались камерными системами разработки с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями. **Это наивысшая в урановой отрасли того времени производительная система с разубоживанием руды 15-17%.**

4. Приаргунский ГХК (г.Краснокаменск, РФ).

Стрельцовское рудное поле. Коэффициент крепости руд и пород 8-10 и 10-12. Коэффициент рудоносности 0,65-0,70. Контакты руды и вмещающих пород нечеткие. Системы разработки: слоевой выемки и камерные. **При слоевой выемке** производительность блока достигала $1800\text{м}^3/\text{смену}$, потери доходили до 5%, а разубоживание руды – 30-35%. **При магазинировании** руды производительность блока составляла до $400\text{м}^3/\text{месяц}$. В стадии развития предприятия основную роль играли технологии с закладкой пустот твердеющими смесями.

Параметры блока выщелачивания: длина – 120-150м, ширина – 30-40м, высота – 40-60м. Выше на 10-15м над рудным магазином образуют оросительный горизонт – штрек, из которого бурят оросительные скважины диаметром 105мм с магазинированием рудной массы. Ниже камеры проходится дренажный горизонт и оборудуется приемный зумпф для улавливания продуктивных растворов, которые по трубопроводу насосами передаются на поверхность для переработки.

Подземное выщелачивание применяют с 80-х годов прошлого столетия. Применяемые реагенты: раствор серной кислоты 3-5г/л, интенсивность орошения – $45-50\text{л}/\text{ч}/\text{м}^2$. Промышленная концентрация урана в растворе 20-30мг/л. После орошения эксплуатационный блок 3-4 сутки промывают маточным раствором при подаче с производительностью $30-35\text{м}^3/\text{ч}$. Потом раствор из блока выпускается, и блок заполняется шахтной водой и выстаивается 15-20 суток. Готовая продукция транспортируется на гидрометаллургический завод. Кристаллы АУТК – аммоний-уранил-трикарбоната – передаются на переработку с получением закиси-оксида урана. Потери урана при подземном выщелачивании составляют 30-35%,

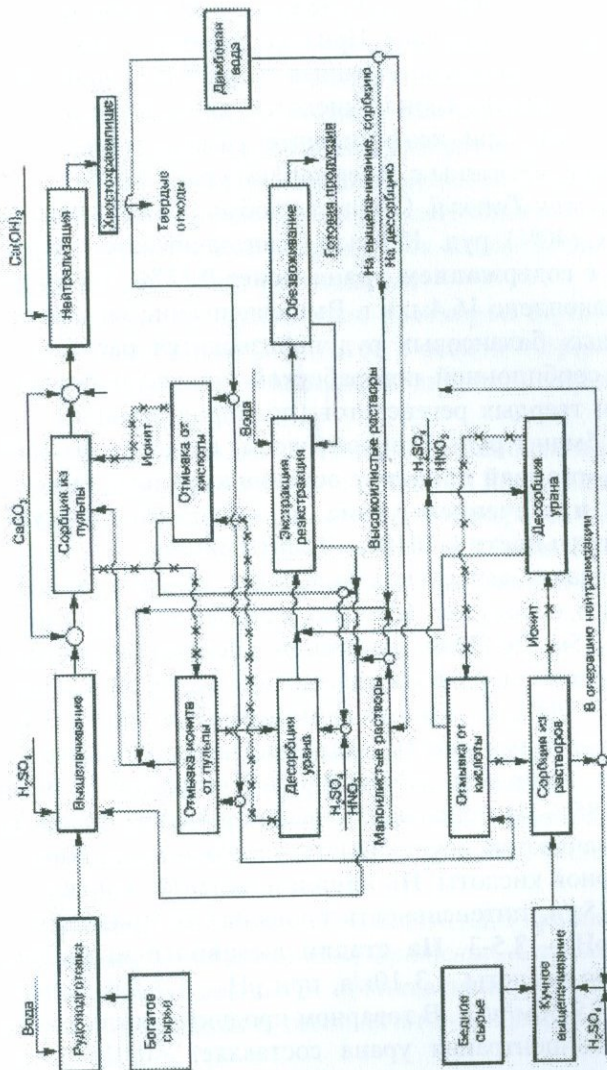


Рис. 28. Базовая схема переработки урановых руд на Приаргунском ГХК. (Андреев и др., 2003).

коэффициент извлечения – 49,3-88,6%, в среднем 65,2%. За 1974-2000г.г. добыто 1826т урана. При содержании урана < 0,15% в руде используется усовершенствованная технология, при которой орошение руды в камере серной кислотой проводится в течение года. За 1974-2000г.г. при коэффициенте разрыхления 1,3 отработывались рудные магазины с содержанием урана 0,06%.

Участок Тулукуй. Открытая добыча балансовых (60%) и забалансовых (40%) руд. Кучным выщелачиванием перерабатываются руды с содержанием урана менее 0,12%. Таких руд в отвалах было накоплено 16,4млн.т. Выщелачивание забалансовых отвалов и бедных балансовых руд производится растворами серной кислоты с сорбционной переработкой продуктивных растворов с получением твердых регенератов (полупродуктов). С 1974г. переработано 7,5млн.т руды (горной массы) и извлечено 1500т урана. **Впервые в мировой практике освоено круглогодичное выщелачивание с извлечением урана из забалансовых руд 40-50%. Производительность в 2010г. – 1200т урана.**

Площадка выщелачивания имеет полиэтиленовую водонепроницаемую основу, на которую укладываются рудные штабеля высотой до 15м. До 2004г. крупность забойной руды составляла (-) 200мм, орошение производилось серной кислотой в течение 2 лет. Извлечение – 70%, в сложных климатических условиях (150 дней) интенсивность химического выщелачивания снижалась на 20%. После 2004г. крупность забойной руды составляла (-) 50мм, извлечение – 80-85%. Интенсивность выщелачивания возросла в 2-2,5 раза. Выщелачивание осуществляется инфильтрационным потоком раствора серной кислоты. **На начальном этапе:** концентрация кислоты – 20-25г/л, интенсивность орошения – 40-45л/ч/м³, в конце окисления рН – 2,5-3. **На стадии активного выщелачивания:** концентрация кислоты – 3-10г/л, при рН – 1,7-1,9, интенсивность орошения – 25-30л/ч/м³. В товарном продукте (когда заканчивается орошение) концентрация урана составляет <0,015гр/дм³. Время полного выщелачивания штабеля 350 суток.

По окончанию выщелачивания штабель промывают шахтной водой через оросительные системы до величины рН=3,5-

4. Расход воды при этом составляет $0,05-0,1\text{м}^3/\text{т}$ горнорудной массы. Промывная вода используется для восстановления потерь оборотных растворов в гидрометаллургии.

По окончании эксплуатации штабель выстаивается в течение 3-х месяцев, а затем обрабатывается раствором известкового "молока" до $\text{pH}=7-7,5$. Интенсивность орошения – $15-20\text{л}/\text{ч}/\text{м}^3$ при расходе извести $1\text{кг}/\text{т}$ руды. Затем оросительная система демонтируется, а откосы штабеля покрываются слоем суглинка толщиной $0,3-0,3\text{м}$, смачиваются и укатываются.

Переработка продуктивных растворов осуществляется с использованием анионитов ВП-1Ап и "Россион". Время равновесного насыщения ионита – 24 часа, периодичность загрузки-выгрузки ионита – 4-8 часов.

Десорбция урана из насыщенного анионита ведется крепкими растворами серной кислоты с добавкой нитрат-иона для пассивации оборудования. Выход товарных регенератов – $2,3-2,7\text{м}^3/\text{м}^3$ сорбента. Содержание металла в регенерате $7-10\text{г}/\text{л}$. Время десорбции 18 часов. Полученные регенераты направляются на переработку с получением закиси-оксида урана.

Кучным выщелачиванием забалансовых руд переработано 800тыс.т руды, из которой добыто 1600т урана, т.е. 62% от исходного.

На Стрельцовском рудном поле сочетаются традиционные технологии и способы подземного выщелачивания, что позволяет извлечь богатые руды при подготовительно-нарезных работах и подвергать выщелачиванию на месте залегания рядовые бедные руды.

5. Восточный ГОК (г. Желтые Воды, Украина).

Месторождения Девладово, Братское, Сафоновское. Применена схема выщелачивания из проницаемых руд в естественном залегании через скважины и технологии с предварительным дроблением скальных руд.

С верхнего горизонта руду орошали рабочим агентом, который стекал под действием силы тяжести, омывая куски руды и растворяя уран.

На нижних горизонтах растворы собирали и перекачивали на поверхность для переработки.

Месторождения Восточного ГОКа. Испытан вариант камерной системы извлечения полезных компонентов выщелачиванием в горных выработках. Отличительная особенность состоит в том, что концентрат выщелачивания получали в подземных условиях. Процесс растворения протекает более интенсивно в первые 4-6 месяцев, которых достаточно для переработки фракций 50-150мм.

Установлено, что содержание урана в отбитой руде снижается с увеличением размера кусков. Среднее содержание в “негабаритных” классах (+200мм) более чем в 5 раз меньше, чем в кусках размерами от 0 до 200мм (товарный продукт). Суммарное количество металла в них превышает 92% от запасов блока. Показатели извлечения обеспечиваются фракцией 0-50мм, дополнительный прирост металла следует ожидать от фракции 50-150мм, на долю которой приходится еще 8,6% урана и около 23% горной массы.

Плотность потерянных руд в горных выработках изменяется в пределах от $2,04\text{т/м}^3$ до $1,68\text{т/м}^3$ при плотности в целике $2,7\text{т/м}^3$.

Глава 6. О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА РАДИОАКТИВНОГО СЫРЬЯ

В настоящее время возникла ощутимая трещина между проведенными ранее в Армении геологоразведочными работами на радиоактивное сырье и перспективными задачами, выдвигаемыми Правительством на нынешнем этапе социально-экономического развития республики, поскольку категорично ставится вопрос о закрытии действующей Мецаморской атомной электростанции и строительстве новой или открытии нового энергоблока.

Имеющиеся фактические материалы свидетельствуют о том, что в ближайшие годы, при условии соответствующего финансирования, в республике можно создать необходимые для атомной энергетики запасы рудно-топливного сырья, которые обеспечат эту отрасль и в будущем. С этой целью необходимо выделить перспективные на радиоактивное сырье рудные поля, месторождения и их участки для проведения первоочередных поисково-разведочных работ, а также провести технолого-экономическую оценку целесообразности их промышленного освоения.

На данной стадии изученности для Армении наиболее перспективны гидротермальные месторождения уран-молибденового, уран-золотополиметаллического, уран-мышьякового типов, а также пневматолито-гидротермальные месторождения с редкоземельным оруденением уранинит-флюорит-биотитового типа. Содержание урана колеблется в широких пределах и в среднем составляет 0,2-0,3%. Урановорудные поля преимущественно приурочены к зонам крупных тектонических нарушений в контактах интрузивных массивов и сопряженным складчато-разрывным структурам.

Наиболее перспективными являются рудные поля Каджаранского медно-молибденового и Азатекского золотополиметаллического (золото-сурьма-мышьякового) месторождений и Мармарикского рудного поля. Концентрация радиоактивных элементов приурочена преимущественно к флангам рудных полей, ограни-

ченных глубинными разломами, и генетически связана с интрузивными комплексами гранодиоритового состава. На участке Каятех Азатекского месторождения выявлено низкотемпературное гидротермальное оруденение с содержанием урана и настурана в парагенетической связи с послесреднеэоценовым интрузивным комплексом. Рекомендуется проведение поисково-разведочных работ в пределах Азатекского рудного поля с учетом перспективы промышленного освоения разведанных запасов золотополиметаллических руд. Определенные перспективы связаны с молибден-урановой подформацией месторождений Пахрут и Анд, расположенных на флангах Каджаранского медно-молибденового месторождения и приуроченных к зоне Лернадзорского глубинного разлома, в экзо- и эндоконтактах Мегринского плутона. Промышленный интерес представляют месторождения редкоземельно-урановой формации Тежсар и Лесное Памбакской группы, расположенные в зоне Мармарикского глубинного разлома, между Памбакским и Цахкуняцким геотектоническими блоками. Освоение этой группы месторождений может быть обеспечено за счет интенсивно развивающейся горнорудной инфраструктуры в пределах бассейна р.Мармарик, с учетом наличия крупных запасов золотоносных, медно-молибденовых и золотожелезистых и титаномагнетитовых руд.

Имеющийся материал по закономерностям размещения уран-ториевого оруденения, парагенезис минералов, геолого-структурные условия локализации, вещественный и физико-химический состав рудовмещающей среды свидетельствуют о том, что ураноносные руды комплексные, а **рудоконтролирующие узлы рудно-магматических систем генетически едины** как для месторождений меднорудных, медно-молибденовых и золотополиметаллических формаций, так и для уран-ториевого оруденения. Отсюда необходимость комплексного подхода к изучению перспективных рудно-магматических систем, в особенности в пределах крупных разведанных или эксплуатируемых месторождений одной из формаций. Уран-ториевое оруденение, по-видимому, формируется на бо-

лее поздних этапах развития рудогенной системы, что подтверждено нашими исследованиями.

В мировой практике ведущее место по запасам и добыче занимают уникальные месторождения “несогласия”, которые наиболее детально разведаны и обрабатываются в Канаде, Австралии, России, Южной Африке. Обрабатываются и другие типы урановых месторождений – гидротермальные, инфильтрационные и осадочные.

В России известно около 100 урановых месторождений. Они преимущественно располагаются в пределах известных горно-рудных районов с подготовленными к обработке месторождениями или эксплуатируемыми. Это в основном месторождения жильного, вулканогенного и метасоматического типов с невысокими содержаниями урана. Такими рудными полями являются Стрельцовское (Восточное Забайкалье), Зауральское и Витимское. (Бойцов, 2003; Алешин и др., 2003).

Характерными геотипами для месторождений Армении могут служить небольшие урановые месторождения области Арлит в Нигерии, к западу от г.Эйр. Месторождения характеризуются запасами урана порядка 160тыс.т с содержанием урана 0,2-0,5%, при глубине оруденения 200м. Месторождения обрабатываются компаниями Коминак (44тыс.т U) и Сомар (50тыс.т U) подземными и открытыми способами. На месторождении Акута наряду с ураном в рудах присутствуют Mo, V, Zn и Zr, причем содержание ZrO₂ (бадделейт) в настуране составляет более 3%. На месторождениях Гузумат и Тарат рудные минералы представлены настураном, хлоритом, корренситом, иордизитом, монтрозеитом, пиритом, марказитом, сфалеритом (Бирка и др., 2003).

Парагенезис минералов предполагает щелочной вулканический источник элементов. Наиболее вероятными являются вулканические комплексы (пермо-юрские), обогащенные ураном, широко распространенные в районе г.Эйр, в особенности витрокластические туфы с содержанием урана 0,0015-0,0020% и большим количеством циркония – 0,1-0,25%. Уран и другие элементы, по-видимому, выщелочены из тонкозернистых туфов и локализованы на

окислительно-восстановительных барьерах, при значительной роли литологического контроля (Казоулат, 1985). Структурный и тектонический контроль ярко выражен приуроченностью урановых месторождений к зоне крутопадающего разлома Арлит-Ин-Азава и их локализацией в разрывно-складчатых оперяющих сингенетических структурах.

Армянская металлогеническая провинция представляет определенный интерес на радиоактивное сырье с учетом комплексного характера урансодержащих руд, с одной стороны, и с другой – локализации урана в рудах разведанных и эксплуатируемых месторождений различных формаций в пределах крупных горнорудных центров с развитой инфраструктурой и резервами для организации редкометалльного производства.

Анализ имеющихся материалов и наши личные исследования показывают, что ресурсы радиоактивного сырья Армении не ограничиваются известными формационно-генетическими типами, а в сферу исследований следует вовлекать новые перспективные объекты как рудного, так и нерудного сырья по аналогии с зарубежными геотипами, а также с учетом особенностей Армянской металлогенической провинции.

Исходя из вышеизложенного, перспективными для Армении могут быть новые ураноносные формации:

1. Покровы вторичных кварцитов меднопорфировых систем, как комплексные руды Au-U-Cu-Fe(S). Эта формация известна как золотоносная, но как комплексная золотомедно-урановая выделяется впервые по материалам Армении (Хачинсар) и НКР (Вардадзор).

2. Жильно-магматические тела граносиенит-аплитов эоцено-олигоценного магматического комплекса Au-U формации. Эта формация выделяется впервые по материалам Армении (Овтамеч).

3. Терригенно-углесланцевые комплексы Au-U-Fe(S) формации. Золотоураноносность терригенно-углесланцевых отложений известна давно. Наиболее типичными являются известные месторождения США, России, Казахстана, Узбекистана, Киргизии, Центральной Африки (Карри и Ньясаленд), Аргентины (Кукуй,

Эской), Бразилии, Чили, Швеции, Великобритании, Франции, Португалии, Испании, Германии, Австралии и др. Наиболее типичными геотипами для армянских комплексов являются юрские отложения месторождения Ковак (Киргизия) и мезо-кайнозойские отложения месторождения Семизбай (Казахстан), а также угленосные отложения Трутнов (Чехия) и Дакота (США) и терригенные отложения Северочешского рудного района (Гамр, Страж, Голичка, Осечно-Котел, Бржевниште), Лодев (Франция), Мечек (Венгрия), Приморское, Оглактинское и Онкаженское (РФ).

4. Железные шляпы сульфидных медных (меднопорфировых) Au-U-Fe(S) формации. Эта формация известна как золотоносная, а по материалам Армении впервые выделяется как золотоурановая. Зарубежных аналогов пока неизвестно.

5. Плиоценовые рифтогенные конгломераты и конглобрекции Au-U-Fe(S) формации. Золотоурановые конгломераты третичного возраста известны во многих странах: эоценовые – Клондаик, Юкон (Канада), Уинд-Ривер (Вайоминг, США); миоценовые – Северный Памир (Таджикистан), Северный Куьнлунь (КНР); палеоценовые – Пиньон (Вайоминг, США), а также меловые – Балей (РФ), неогеновые – Нинге-Тогэ (префект. Тоттор, Япония) и не расчлененные – Южные острова (Новая Зеландия).

Выделенные новые комплексные ураноносные формации относятся к различным формационно-генетическим типам: гидротермальному заключительной стадии магматического процесса (жильно-магматические граносиенит-аплиты), гидротермально-инфильтрационному (покровные вторичные кварциты и перекрывающие их железные шляпы меднопорфировых месторождений, рифтогенные конгломераты и конглобрекции), а также инфильтрационному (терригенно-углесланцевые комплексы).

В результате наших исследований установлена важная роль вторичных инфильтрационных (водородно-хемогенных) и гидротермально-инфильтрационных процессов в формировании уранового (золотоуранового) оруденения в рудных и нерудных формациях Армении, преимущественно в зоне гипергенеза.

Систематизация и анализ материалов по опыту зарубежных предприятий по добыче и переработке комплексных урансодержащих и урановых руд показал:

1. Промышленное извлечение урана обеспечивается при содержаниях в добытой товарной руде 0,012-0,02% урана и выше. При высоких содержаниях руды обогащаются (с применением технологии ВЮХ) с получением концентратов, а бедные руды (0,12-0,02%) и хвосты обогащения (0,03% урана) перерабатываются выщелачиванием (кучным или подземным-шихтным, или скважинным).

Извлечение урана при переработке руд составляет от 58 (месторождения Быкогорское, Лермонтовское РУ, РФ) до 69,5 (месторождение Звездное) – 72% (месторождения Восток, Целинный ГХК, Казахстан). На Целинном ГХК обеспечивается сквозное извлечение урана по технологии кучного выщелачивания из погашенных запасов блоков – 87% – и минимальное разубоживание при подземной добыче комплексных уран-молибденовых руд с применением камерной системы разработки – 15-17% (месторождение Маньбай).

На руднике (Тулукуй) Стрельцовского рудного поля (Приаргунский ГХК, РФ) кучным выщелачиванием обеспечивается извлечение 62% при средних содержаниях в добытой товарной руде 0,12% урана и годовой производительности 1200т.

В настоящее время, как уже было отмечено, наиболее перспективной, эффективной и экологически безопасной является подземная кислородно-водная безреагентная технология. Реагенты генерируются в пласте, а окислитель O_2 получают из воздуха, который пока не имеет цены. С повышением дебита скважин до 40-50м³/ч зона фильтрации растворов захватывает всю площадь орошения, обеспечив извлечение не менее 70-80% (Учкудук, Узбекистан; Чань, Китай).

2. Бедные руды перерабатываются по схеме кучного или подземного (шахтного или скважинного) выщелачивания. В советское время проводилось селективное выщелачивание урана, исходя из его конъюнктуры и стратегического значения, а за рубежом

золотоурановые руды перерабатывались по комплексной схеме с применением передовых угольно-сорбционных и ионообменных технологий с извлечением всех (по мере возможности) полезных компонентов (ЮАР – Val Reefs, Bufflesfontein Gold, ERGO, США – AARL, Узбекистан – Навойский ГХК – в настоящее время).

3. При подземной шахтной добыче используются 2 варианта переработки руд: на месте с транспортировкой урансодержащих растворов на поверхность и транспортировка руды на поверхность с последующим выщелачиванием.

4. Зарубежный опыт использования золотоуранового нерудного сырья, в частности золотоносных терригенно-углесланцевых отложений и вторичных кварцитов, и результаты наших исследований свидетельствуют о том, что золото и уран в большинстве случаев находятся в тонкодисперсном (наноразмерном) состоянии и часто ассоциируют с генетически несвязанным пиритом и реже с тухолитом, что придает рудам “упорный” характер, к тому же традиционными методами они трудно обнаруживаются и трудно извлекаются, что требует специальных технологических схем рудо-подготовки и переработки бедных руд.

Таким образом, уточнение перспективности рудных формаций Армении на радиоактивные элементы имеет в настоящее время стратегическое значение, т.к. Россия в принципе лишилась традиционно базовых объектов (Таджикистан, Киргизия, Казахстан) топливно-энергетического комплекса АЭС. С другой стороны, для Армении радиоактивное сырье является важным аргументом развития исследований оборонного и гражданского назначения. Возобновление геолого-разведочных работ на этих объектах является неотложной задачей. Частично эти исследования уже начались совместно с Россией. В связи с этим отметим следующее:

1. Пока на государственном балансе Республики Армения не числится ни одного грамма урана или других радиоактивных элементов. Нет даже достоверных прогнозных оценок радиоактивного потенциала республики.

2. Есть в республике промышленный уран или его нет? Этого пока никто не знает!

3. На современном этапе развития человечества нет альтернативы атомной энергетике. Это в первую очередь относится к Армении. Принципиальное значение приобретает снабжение местным сырьем действующей ныне (и проектируемой) Мецаморской электростанции и захоронения отходов. Мы обязаны сами обеспечить сырьем нашу атомную электростанцию, никто за нас об этом не позаботится, причем это нам обходится весьма дорого, и, во-вторых, отходы ядерной энергетике (и других химически вредные отходы) мы должны хоронить у себя, а не в какой-то другой стране.

4. Ядерная энергетика не выжигает кислород, не создает парникового эффекта и выбрасывает в атмосферу значительно меньше радиоактивных и других вредных для здоровья человека веществ – золу, оксиды серы, азот, ванадий, углерод, альдегиды и др. – чем любой другой вид энергии. Проживание вблизи ТЭС, работающих на органическом топливе, в 36 раз опаснее проживания вблизи АЭС.

Таким образом, оценка ресурсов радиоактивного сырья в независимой Армении – императив времени, который диктуется не только необходимостью обеспечения потребностей атомной энергетике, одновременно способствуя развитию военной промышленности и гарантии безопасности страны, но и развитием новых областей технологии, науки и производства.

Գոյութիւն ունեցող փաստացի նյութը վկայում է այն մասին, որ մոտակա տարիներին, համապատասխան ֆինանսավորման առկայութեան դեպքում, հանրապետութիւնում կարելի է ստեղծել հանքավառելիքային հումքի պաշարներ ատոմային էներգետիկայի համար, որոնք կապահովեն ոլորտի զարգացումն ապագայում: Այս պարագայում անհրաժեշտ է առանձնացնել ռադիոակտիվ հումքի տեսակետից հեռանկարային հանքային դաշտերը, հանքավայրերը և դրանց տեղամասերն՝ առաջնահերթ երկրաբանահետախուզական աշխատանքների իրականացման, դրանց արդյունաբերական յուրացման նպատահարմարութեան տեխնիկատնտեսական գնահատման համար:

Ուսումնասիրվածութեան արդի վիճակով Հայաստանի համար առավել հեռանկարային են ուրան-մոլիբդենային, ուրան-ոսկի-բազմամետաղային, ուրան-մկնդեղային հանքավայրերն և պնևմատոլիտահիդրոքերմալ հանքավայրերն՝ ուրանիւտ-ֆլուորիտ-քիտտիտային տեսակի հազվագոյտհողային հանքայնացմամբ: Ուրանի պարունակութիւնը տատանվում է լայն սահմաններում և միջինը կազմում է 0,2-0,5%: Ուրանի հանքաբեր դաշտերը հիմնականում տեղայնացված են խոշոր տեկտոնական խզումների և դրանց հարակից ծալքախախտումային գոտիների հետ ինտրուզիվ զանգվածների եզրային տեղամասերում:

Առավել հեռանկարային են հանդիսանում Քաջարանի պղինձ-մոլիբդենային և Ազատեկի ոսկի-բազմամետաղային (ոսկի-ծարիր-մկնդեղային) հանքավայրերը և Մարմարիկ գետի ավազանի հանքային դաշտը: Ռադիոակտիվ տարրերի տեղայնացումը գլխավորապէս հարում է հանքային դաշտերի եզրամասերին, որոնք սահմանազատվում են խորքային բեկվածքներով և ծագումնաբանորեն կապված են գրանոդիորիտային կազմի ետմիջինէոցենյան ինտրուզիվ կառույցների հետ: Ազատեկի ոսկի-բազմամետաղային հանքավայրի Կայատեղի տեղամասում հայտնաբերվել է պարագետետիկորեն ետմիջինէոցենյան ինտրուզիվի հետ կապված ուրանի, ուրանի խեժի ու մաստուրանի պարունակությամբ ցածրջերմաստիճանային հիդրոքերմալ հանքայնացում: Առաջարկվում է անցկաց-

նել որոնողահետախուզական աշխատանքներ Ազատեկի հանքա-
յին դաշտում, նկատի ունենալով ոսկի-բազմամետաղային հետա-
խուզված պաշարների արդյունաբերական յուրացման հեռանկար-
ները: Որոշակի հեռանկարներ կապված են Փխրուտ և Անդ հանքա-
վայրերի մոլիբդեն-ուրանային ենթաֆորմացիայի հետ, որոնք
տեղայնացված են Զաջարանի պղինձ-մոլիբդենային հանքավայրի
թևերում և կապված են Լեռնաձորի խորքային խախտման հետ՝
Մեղրու պլուտոնի էկզա- և էնդո կոնտակտային մասերում:

Արդյունաբերական հետաքրքրություն են ներկայացնում
Փամբակի խմբի Թեժսարի և Լեսնոյե ուրան-հազվագյուտհողային
հանքերակումները, որոնք գտնվում են Փամբակի և Ծաղկունյաց
լեռնաշղթաների բլոկների միջև ձգվող Մարմարիկի խախտման գո-
տում և որոնց յուրացումը կարող է ապահովվել Մարմարիկ գետի
ավազանի արագ զարգացող լեռնահանքային ինֆրակառույցների
շնորհիվ, հաշվի առնելով ոսկեբեր, պղինձ-մոլիբդենային և ոսկի-
երկաթային ու տիտանամագնետիտային հանքաքարերի խոշոր
պաշարները:

Ուրան-թորիումային հանքայնացման տեղաբաշխման օրի-
նաչափությունների, միներալների պարագենեզիսի, տեղայնացման
երկրաբանակառուցվածքային պայմանների, հանքատար միջա-
վայրի նյութական ու ֆիզիկաքիմիական կազմի վերաբերյալ գոյու-
թյուն ունեցող նյութերը վկայում են այն մասին, որ ուրանաբեր
հանքաքարերը համալիր են, իսկ հանքամագնատիկ կառույցների
հանքվերահսկող հանգույցները գենետիկորեն նույնն են ինչպես
պղնձահանքային, պղինձ-մոլիբդենային և ոսկի-բազմամետաղա-
յին ֆորմացիաների, այնպես էլ ուրան-թորիումային հանքայնաց-
ման համար: Այստեղից էլ առաջանում է հեռանկարային հանքա-
մագնատիկ կառույցների ուսումնասիրման համալիր մոտեցման
անհրաժեշտություն, մասնավորապես, որևէ ֆորմացիայի հետա-
խուզված և շահագործվող խոշոր հանքավայրի սահմաններում:
Հավանաբար, ուրան-թորիումային հանքայնացումը ձևավորվում է
հանքաբեր կառույցի զարգացման ավելի ուշ փուլերում, ինչն էլ
հաստատվել է մեր ուսումնասիրությունների արդյունքում:

Համաշխարհային պրակտիկայում պաշարներով և արդյու-
նահանմամբ առաջատար տեղ են գրավում այսպես կոչված “ան-

ներդաշնակության” եզակի հանքավայրերը: Այդ հանքավայրերում պաշարները հասնում են 140000 (Միգար Լեյք, Ատաբասկայի շրջ., Կանադա) – 200000 հազ. տոննա (Մաք Արթուր-Ռիվեր), ուրանի 11,5-18,5% միջին պարունակությամբ: Առավել մանրակրկիտ են ուսումնասիրված և յուրացվում են այդ հանքավայրերը Կանադայում (Ատաբասկայի և Ալիգատոր-Ռիվեր շրջաններ), Ավստրալիայում, Ռուսաստանում (Կարկու, Հյուսիս-արևելյան Մերձլադոգա), Հարավային Աֆրիկայում (Վիտվատերսբանդ): Կանադայում ուրանի տարեկան արդյունահանումը կազմում է շուրջ 18000 տ, ինչը սկզբունքորեն հավասար է համաշխարհային հանույթի կեսին: Պետք է հաշվի առնել, որ վերամշակվում են նաև ուրանի հանքավայրերի այլ տեսակներ ևս՝ հիդրոթերմալ, ինֆիլտրացիոն և նստվածքային:

Ռուսաստանում հայտնի են շուրջ 100 ուրանի հանքավայրեր: Դրանք հիմնականում գտնվում են յուրացման համար նախապատրաստված կամ շահագործվող հայտնի հանքավայրերի սահմաններում: Դրանք հիմնականում երակային, հրաբխածին և մետասոմատիկ հանքավայրեր են՝ ուրանի ոչ բարձր պարունակությամբ: Այդպիսի հանքային դաշտերի թվին են պատկանում Ստրելցովսկոյեն (Արևելյան Անդրբայկալ), Անդրուրալյանը և Վիտինսկոյեն: Ստրելցովսկոյե հանքային դաշտում ուրանի տեղայնացումը տեղի է ունեցել լեյկոգրանիտների ներդրման և բարձրջերմաստիճանային հիդրոթերմալ գործունեության հետ միաժամանակ մեկ փուլի ընթացքում խորությունների մեծ տատանումներով (150-2000մ), 180-250°C (հազվադեպ՝ 380°C) պայմաններում՝ ածխաթղթվի ցածր պարունակությամբ բիկարբոնատ-քլորիդային լուծույթներից (Բոյցով, 2003, Ալյոշին և ուրիշ., 2003):

Հայաստանի հանքավայրերի համար բնորոշ գեոտեսակներ կարող են ծառայել Նիգերիայի Էյր լեռնագագաթից արևմուտք ընկած Արլիտ շրջանի ոչ մեծ ուրանահանքերը: Հանքավայրերը բնութագրվում են 160 հազ. տ ուրանի պաշարներով՝ 0,2-0,5% պարունակությամբ և 200մ հանքայնացման խորությամբ: Հանքավայրերը շահագործում են Կոմինակ (44000տ ուրան) և Մոմար (50000տ) ընկերությունները ստորգետնյա և բաց եղանակներով: Ակուտա հանքավայրի հանքաքարում ուրանից բացի կան նաև

մոլիբդեն, վանադիում, ցինկ, ցիրկոն, ընդ որում ZrO_2 -ի (բաղելիսի) պարունակությունը նաստուրանում կազմում է շուրջ 3%: Գուգու-մատ և Տարատ հանքավայրերում հանքային միներալները ներկայացված են նաստուրանով, քլորիտով, կորենսիտով, իորդիզիտով, մոնտորոզիտով, պիրիտով, մարկասիտով, սֆալերիտով (Բիրկա և ուրիշ., 2003):

Միներալների պարագենեզիսը ենթադրում է տարրերի ալկալային հրաբխային աղբյուրի գոյությունը: Առավել հավանական են ուրանով հարստացված պերմ-յուրայի հրաբխային կառույցները, որոնք լայնորեն տարածված են Էյր լեռնազանգվածի շրջակա տարածքներում, հատկապես վիտրափշրաքարային տուֆերը՝ 0,0015-0,0020% ուրանի և մեծ քանակությամբ ցիրկոնի՝ 0,1-0,25% պարունակությամբ: Ուրանը և այլ տարրերը, հավանաբար, տարրավացված են մանրահատիկ տուֆերից և տեղայնացվել են օքսիդավերականգնող արգելաթակարդներում, լիթոլոգիական վերահրսկման նշանակալի դերով (Կազուլատ, 1985): Կառուցվածքային և տեկտոնական վերահրսկումը ցայտուն արտահայտված է կտրուկ անկում ունեցող Արլիտ-Ին-Ազավա խախտման հետ ուրանային հանքայնացման կապվածության մեջ, որի կուտակումը տեղի է ունեցել սինգենետիկ կառույցներում:

Հայկական մետաղաբեր պրովինցիան որոշակի հետաքրքրություն է ներկայացնում իր ուրանաբերության հեռանկարներով՝ հաշվի առնելով ուրանաբեր հանքաքարերի համալիր բնույթը՝ մի կողմից, և ուրանի տեղայնացումը տարբեր ֆորմացիաների հետախուզված և շահագործվող հանքավայրերի հանքաքարերում զարգացած ինֆրակառույցներով խոշոր լեռնահանքային կենտրոնների (հազվագյուտ մետաղների արտադրության ներուժով)՝ մյուս կողմից:

Գոյություն ունեցող նյութերի և մեր անձնական հետազոտությունների արդյունքների վերլուծության հիման վրա կարող ենք ասել, որ Հայաստանի ռադիոակտիվ հումքի բնապաշարները չեն սահմանափակվում հայտնի ֆորմացիոն-գենետիկ տարատեսակներով և հետազոտման ոլորտ են ներքաշվում ինչպես հանքային, այնպես էլ ոչ հանքային հումքի նոր, հեռանկարային տարատեսակներ՝ արտերկրյա գեոտեսակների նմանությամբ, ինչպես նաև

Հայաստանյան մետաղաբեր պրովինցիայի առանձնահատկությունները հաշվի առնելով:

Հայաստանի համար հեռանկարային կարող են լինել նոր տիպի ուրանաբեր ֆորմացիաները.

1. Պոլինձ-պորֆիրային կառույցների երկրորդային քվարցիտների ծածկոցներն՝ Au-U-Cu-Fe(S) համալիր հանքայնացմամբ: Այս ֆորմացիան հայտնի է որպես ոսկեբեր, բայց որպես համալիր ոսկի-պոլինձ-ուրանային առանձնացվում է առաջին անգամ Հայաստանի (Խաչինսար) և Արցախի (Վարդաձոր) նյութերի հիման վրա:

2. Էոցեն-օլիգոցենի հասակի մագմատիկ կառույցի գրանոսիենիտ-ապլիտների երակամագմատիկ մարմիններ՝ ոսկի-ուրանային ֆորմացիայով: Այս ֆորմացիան առաջին անգամ է առանձնացվում Հայաստանի ուսումնասիրման նյութերի հիման վրա (Հովտամեջ):

3. Տերրիզեն-ածխաթերթաքարային առաջացումներ Au-U-Fe(S) հանքայնացմամբ: Տերրիզեն-ածխաթերթաքարային առաջացումների ոսկի-ուրանաբերությունը վաղուց է հայտնի: Առավել բնորոշ են համարվում ԱՄՆ-ի, ՌԴ, Վազախստանի, Ուզբեկստանի, Գլորդրզստանի, Կենտրոնական Աֆրիկայի (Կարրի և Հյուսսլենդ), Արգենտինայի (Կուկոյ, Էսկոյ), Բրազիլիայի, Չիլիի, Շվեդիայի, Մեծ Բրիտանիայի, Ֆրանսիայի, Պորտուգալիայի, Իսպանիայի, Գերմանիայի, Ավստրիայի և այլ երկրների հանքավայրերը: Հայաստանյան հանքերակումներին առավել նման են Գլորդրզստանի Կովակ հանքավայրի յուրայի հասակի առաջացումները, Վազախստանի Մեմիզբայի մեզո-կայնոզոյան նրստվածքները, ինչպես նաև Տրուսնովի (Չեխիա) և Դակոտայի (ԱՄՆ) ածխաբեր նստվածքները, Հյուսիսչեխական հանքային շրջանի (Համո, Սորաժ, Հոլիչկա, Օսեչնո-Կոտել, Բրժևնիչտե), Լոդկի (Ֆրանսիա), Մեչեկի (Հունգարիա), Պրիմորսկոյե, Օզլատինսկոյե և Օնկաժենսկոյե (ՌԴ) տերրիզեն առաջացումները:

4. Պոլինձի (պոլինձ-պորֆիրային) սուլֆիդային հանքավայրերի Au-U-Fe(S) ֆորմացիայի երկաթ գլխարկներ: Այս ֆորմացիան հայտնի է որպես ոսկեբեր, իսկ Հայաստանին նյութերով առաջին անգամ առանձնացվում է որպես ոսկի-ուրանաբեր: Օտարերկրյա նմանատեսակը առայժմ հայտնի չէ:

5. Պլիոցենի հասակի ռիֆտածին խառնաքարեր և խառնափշրաքարեր Au-U-Fe(S) հանքայնացմամբ ֆորմացիա: Երրորդական հասակի խառնաքարեր հայտնի են շատ երկրներում. Էոցենի՝ Բլոնդայք, Յուկոն (Կանադա), Ուինդ-Ռիվեր (Վայոմինգ, ԱՄՆ), միոցենի՝ Հյուս. Պամիր (Տաջիկստան), Հյուս. Կունլուն (ՉԺՀ), պալեոցենի՝ Պինյոն (Վայոմինգ, ԱՄՆ), ինչպես նաև կավճի հասակի՝ Բալեյ (ՌԴ), նեոգենի՝ Նինգե-Տոգե (Տոտոբ պրեֆեկտ., Մապոնիա) և չառանձնացված՝ Հարավային կղզի (Նոր Զելանդիա):

Նոր առանձնացված համալիր ուրանաբեր հանքավայրերը պատկանում են տարբեր ֆորմացիոն-գենետիկ տիպերի. մագմատիկ պրոցեսի եզրափակիչ փուլի հիդրոթերմալ (երակամագմատիկ գրանոսիենիտ-ապլիտներ), հիդրոթերմալ-ինֆիլտրացիոն (երկրորդական քվարցիտների ծածկոցներ, պղինձ-պորֆիրային ու պղինձ-սուլֆիդային հանքավայրերի երկաթե գլխարկներ, ռիֆտածին խառնաքարեր ու խառնափշրաքարեր), ինչպես նաև ինֆիլտրացիոն (տերրիգեն-աձխաթերթաքարային):

Մեր ուսումնասիրությունների արդյունքում հաստատվել է երկրորդային ինֆիլտրացիոն (հիդրոձին-քիմիածին) և հիդրոթերմալ-ինֆիլտրացիոն հանքառաջացման կարևոր դերը Հայաստանի ուրանաբեր (ոսկի-ուրանաբեր) հանքային և ոչ հանքային ֆորմացիաներում հանքայնացման ձևավորումում՝ գլխավորապես հիպերգենեզի գոտում:

Արտասահմանյան ձեռնարկությունների ուրանաբեր և ուրանպարունակող համալիր հանքաքարի արդյունահանման ու վերամշակման փորձի վերլուծությունն ու համակարգումը ցույց տվեց, որ.

1. Ուրանի արդյունահանումն ապահովվում է հանքաքարում մետաղի 0,012-0,02% և ավելի պարունակություններով: Բարձր պարունակությունների դեպքում (կանադական հանքաքարում՝ մինչև 30,0%, ավստրալականում՝ 3%-ի սահմաններում) հանքաքարը հարստացվում է (նաև BIOX տեխնոլոգիաների կիրառմամբ) և ստացվում է խտանյութ, իսկ աղքատ հանքաքարերը (0,012-0,02%) և հարստացման քափոնները (0,03% ուրան) վերամշակվում են տարրավազմամբ (կույտային, ստորգետնյա-հանքախորշային կամ հորատանցքային):

Հանքաքարի վերամշակման ընթացքում ուրանի կորզումը կազմում է 58-ից (Բիկոգորսկոյե հանքավայր, Լերմոնտովսկոյե ՀՎ, Ռուսաստան) մինչև 69,5 (Չվյոգոնոյե հանքավայր) –72% (Վոստոկ հանքավայր, Ցելիննի ԼՔԿ, Ղազախստան): Ցելիննի ԼՔԿ-ում կույտային տարրավացմամբ ապահովվում է 87% ուրանի միջանցիկ կորզում՝ հանքաբլոկի մարված պաշարներից և համալիր ուրան-բազմամետաղային հումքի նվազագույն՝ 15-17% աղքատացմամբ, արդյունահանման ստորգետնյա հանքախորշային եղանակի կիրառմամբ (Մանիբայ հանքավայր):

Ստրեյցովսկոյե հանքային դաշտի (Պրիարգունսկոյե ԼՔԿ, ՌԴ) Տուլուկայ հանքախորշում աղքատ հանքաքարից մետաղի 0,12% պարունակությամբ կույտային տարրավացմամբ ապահովվում է ուրանի 62% կորզում, տարեկան 1200տ արտադրողակառույցամբ:

Ներկայումս, ինչպես նշվել է, առավել հեռանկարային, արդյունավետ և էկոլոգիապես անվտանգ է համարվում ստորգետնյա թթվածնաջրային անոթագեոտ տեխնոլոգիան: Ռեագենտները ակտիվացվում են հենց հանքաշերտում և O_2 օքսիդիչ վերցվում է օդից, ինչը դեռևս գին չունի: Հորատանցքերի դեբիտը մինչև $40-50m^3$ ավելացնելով լուծույթների ֆիլտրացման տարածք է ընդգրկվում ոռոգման ողջ գոտին, ինչն էլ ապահովում է մետաղի 70-80%-ից ոչ պակաս կորզում (Ուչկուրոկ, Ուզբեկստան և Չան, ՉԺՀ):

2. Աղքատ հանքաքարերը վերամշակվում են կույտային և ստորգետնյա (հանքախորշային կամ հորատանցքային) տարրավացմամբ: Խորհրդային տարիներին իրականացվում էր ուրանի ընտրովի տարրավացում, հաշվի առնելով մետաղի համաշխարհային գինը և ռազմավարական նշանակությունը, իսկ արտասահմանում ոսկեբեր հանքաքարերը վերամշակվում էին համալիր ածխաաբորբցիոն և իոնափոխանակման առաջավոր տեխնոլոգիական սխեմայով՝ բոլոր օգտակար տարրերի հնարավոր առավելագույն կորզմամբ (ՀԱՀ-Val Reefs, Bufflesfontein Gold, ERGO, ԱՄՆ-AARL, Ուզբեկստան, Նավոյիի ԼՔԿ, ներկայումս):

3. Հանքախորշային արդյունահանման ժամանակ օգտագործվում են հանքաքարի վերամշակման 2 տարբերակներ. ուրան-պարունակող լուծույթների դեպի վեր՝ մակերևույթ տեղափոխում

կամ հանքաքարի տեղափոխում դեպի մակերևույթ՝ հետագա տար-
բալուծման համար: Առաջին դեպքում, ստորգետնյա հորատանց-
քային տարրավացումը համարվում է ամենաարդյունավետ և էկո-
լոգիապես մաքուր հանույթի ձևերից, որը չի պահանջում ոչ հանքա-
խորշեր և ոչ էլ հանքաքացում (карьер): Հանքաքարի նախապատ-
րաստումը (рудоподготовка) ընթանում է ընդերքում: Այս մեթոդը օգ-
տագործվում է նաև բարդ կլիմայական պայմաններում և հավերժա-
կան սառածության գոտում: Տեխնոլոգիան բացարձակ փակ է և
հերմետիկ: Ընդերքը պրակտիկորեն չի ավերվում, այլ, նույնիսկ, մի
քանի տարվա ընթացքում լիովին վերականգնվում է, քանզի տեղի
չի ունենում ընդերքի ձևաչափի փոփոխություն և հանքաքարի հա-
նույթ: Դրա հետ մեկտեղ վերանում է թափոնատարների ու պոչամ-
բարների կառուցման անհրաժեշտությունը: Երկրի մակերևույթին
տեղադրված ոչ մեծ ավազագոյնները հեշտորեն վնասագործվում
են:

Նշենք, որ ուրանի հանքավայրերում բնական հիդրոքսիմի-
ական միջավայրն ունի ինքնավերականգնվող հատկանիշ՝ տեխ-
նածին միջամտությունից հետո: Ստորգետնյա ջրերի բնական վե-
րականգնման պրոցեսները ընդանում են թեև դանդաղ, բայց ան-
պայմանորեն և անշեղորեն, իսկ որոնց ընթացքը կարելի է արագա-
ցրել մինչև 10 անգամ (օրինակ, Իրկոլ հանքավայրը Ղազախս-
տանում):

4. Ոսկի-ուրանային ոչ հանքային հումքի յուրացման արտ-
երկրյա փորձը, մասնավորապես, տերրիզեն-ածխաթերթաքարային
ոսկեբեր նստվածքների ու երկրորդային քվարցիտների, ինչպես
նաև մեր ուսումնասիրությունների արդյունքները վկայում են, որ ոս-
կին և ուրանը ավելի հաճախ գտնվում են նույր-դիսպերս (մանո-
չափական) վիճակում ու հաճախ սերտաճած են լինում (չկապված
գեներտիկորեն) պիրիտի և, հազվադեպ, տուխտլիտի հետ, ինչն էլ
հանքաքարին տալիս է դժվարամշակ բնույթ, որի հետևանքով սովո-
րական մեթոդներով դրանք դժվար են հայտնաբերվում ու դժվար են
կորզվում, ուստի և անհրաժեշտ է կիրառել աղքատ հանքաքարերի
նախապատրաստման ու վերամշակման հատուկ տեխնոլոգիական
սխեմաներ:

Այսպիսով, Հայաստանի հանքային ֆորմացիաների ռադիոակտիվ տարրերի տեսակետից հեռանկարայնության ճշգրտումը ներկայումս ունի ռազմավարական նշանակություն, քանի որ Ռուսաստանը սկզբունքորեն զրկվել է ԱԷԿ իր համալիրի վառելիքաէներգետիկ հիմնական օբյեկտներից (Տաջիկստանի, Ղրղըզստանի, Լազախստանի), իսկ մյուս կողմից, Հայաստանի համար ռադիոակտիվ հումքը հանդիսանում է կարևոր փաստարկ պաշտպանական և քաղաքացիական նշանակության հետազոտությունների զարգացման համար: Այդ տեղամասերում երկրաբանահետախուզական աշխատանքների վերսկսումը հանդիսանում է անհետաձգելի խնդիր: Այդ ուսումնասիրությունները Ռուսաստանի հետ համատեղ արդեն սկսվել են, ինչի կապակցությամբ նշենք հետևյալը:

1. Հայաստանի Հանրապետության պետական բալանսում հաշվարկված չէ անգամ մեկ գրամ ուրան կամ ռադիոակտիվ այլ տարրեր: Գոյություն չունեն հանրապետության ռադիակտիվ ներուժի հեռանկարի վստահելի գնահատականներ:

2. Արդյունաբերական ուրան հանրապետությունում կա արդյո՞ք, թե ոչ: Դա դեռևս ոչ ոք չգիտե:

3. Մարդկության զարգացման արդի փուլում ատոմային էներգետիկան չունի այլընտրանք: Առաջին հերթին դա վերաբերվում է Հայաստանին: Սկզբունքային նշանակություն է ձեռք բերում ներկայումս գործող (և նախագծվող) Մեծամորի ատոմակայանին տեղական հումք մատակարարելու և թափոնները պահեստավորելու խնդիրը: Մենք պարտավոր ենք ինքներս ապահովել մեր ատոմակայանը հումքով, մեր փոխարեն ոչ ոք այդ մասին չի հոգա, ընդ որում, դա մեզ վրա, նախ, բավականին թանկ է նստում, և, երկրորդ, ատոմային էներգետիկայի (և այլ վնասակար քիմիական արտադրությունների) թափոնները մենք պարտավոր ենք պահեստավորել մեզ մոտ, ոչ թե ինչ-որ մի այլ երկրում:

4. Ատոմային էներգետիկան չի այրում թթվածին, չի ստեղծում ջերմոցային էֆեկտ և մթնոլորտ է արտանետում զգալիորեն ավելի քիչ՝ մարդու առողջության համար վնասակար, ռադիոակտիվ ու այլ նյութեր – մոխիր, ծծմբի օքսիդներ, ազոտ, վանադիում, ածխածին, ալդեհիդներ և այլն, քան էներգետիկ ցանկացած այլ ոլորտ: Օրգանական վառելիքի հիման վրա գործող ՋԷԿ-երի մա-

տակայքում բնակվելը 36 անգամ ավելի վտանգավոր է, քան ԱԷԿ-ների հարևանությամբ:

Հետևաբար, նորանկախ Հայաստանում ռադիոկտիվ հումքի բնապաշարների գնահատումը ժամանակի հրամայականն է, ինչը թելադրվում է ոչ միայն ատոմային էներգետիկ համակարգի պահանջների բավարարմամբ, այլև նոր տեխնոլոգիաների, գիտության ու արտադրության զարգացման կարևորությամբ, ինչն անմիջականորեն կնպաստի ռազմական արդյունաբերության առաջընթացին և երկրի անվտանգության երաշխիք կհանդիսանա:

CONCLUSION

Available factual materials indicates that in the coming years at the appropriate funding, it would be possible to create the ore-fuel raw materials reserves in the country necessary for atomic energy, which will provide this branch of industry in the future. Therefore, it is necessary to allocate the perspective ore fields, deposits and their areas priority for radioactive raw exploration, as well as to provide the technological and economic assessment for their industrial development feasibility.

At this stage of study, the most promising hydrothermal deposits for Armenia are the uranium-molybdenum, uranium-gold-polymetallic, uranium-arsenic types, as well as pneumatolytic-hydrothermal deposits with rare-earth mineralization of the uraninite-fluorite-biotite type. The uranium content varies widely, and make up to 0.2-0.3% in average. Uranium ore field are mainly confining to zones of large tectonic dislocations in the intrusive massifs contacts, and conjugate folded-discontinuous structures.

The most promising are ore fields of the Kadjaran copper-molybdenum, the Azatek gold-polymetallic (gold-antimony-arsenic) deposit and the Marmarik ore field. The concentration of radioactive elements is timed mainly to the flanks of the ore fields limited by deep faults, and genetically related to intrusive complexes of granodiorite composition. On the Kayateh site of the Azatek deposits the low temperature hydrothermal mineralization of uranium content and pitchblende in the paragenetic relation to post Middle Eocene intrusive complex was revealing. It is recommending to conduct exploration within the Azatek ore field considering the outlook for the prospected gold-polymetallic ore reserves commercial development. Definite prospects are connected with the molybdenum-uranium sub-formation at the Pkhrut and And deposits, located in the Kadjaran copper-molybdenum deposit's flanks and timed to the zone of Lernadzor deep fault in the exo- and endocontacts of the Meghri Pluton. The Tejhsar and Lesnoye rare-earth-uranium formation deposits of the Pambak groups located in the zone of Marmarik deep rift between the Pambak

and Tsahkunyats geotectonic units are perspective from the commercial viewpoint. The working out of this group of deposits may be provided by the rapidly developing of mining infrastructure within the limits of Marmarik river basin, considering the availability of large gold, copper-molybdenum and gold-ferrous, titanomagnetite ores reserves.

Material available on the location regularity of uranium-thorium mineralization, minerals, paragenesis, geological and structural conditions of localization, the material, physical-chemical composition of the ore enclosed medium suggests that the uranium-bearing ores are complex, and **ore regulating units of ore-magmatic systems of genetically united** both for the deposits of copper-ore, copper-molybdenum and gold-polymetallic formations, and for the uranium-thorium mineralization. Hence, the need for an integrated approach to the study of promising ore-magmatic systems, especially within the limits of large explored or exploited deposits one of the formations. The uranium-thorium mineralization appears to be forming at later stages of the orege system's development, which is confirming by our researches.

In world practice, the unique fields of "disagreement" are in the lead on reserves and mining. Reserves of these fields reach up to 140,000 (Sigar-Lake, Athabasca region, Canada), 200000 (MacArthur River) tons, with an average grade of uranium from 11.5 to 18.5%. Deposit of "disagreement" are explored and developed in most detail in Canada (Athabasca and Alligator River areas), Australia, Russia (the Karku, the northeastern of Lake Ladoga), South Africa (Witwatersrand). The annual output of uranium in Canada is about 18000t that in principle is equal to half of world output. It is necessary to consider that other types of uranium deposits – hydrothermal, infiltration and sediment are mining also.

About 100 uranium deposits have been known In Russia. They are predominantly located within the known mining areas with the deposits ready for mining or already exploited. It is basically a deposits of vein, volcanogenic and metasomatic types with low content of uranium. Such ore fields are Streltsovskoye (Eastern Transbaikalia), Trans-Ural and Vitim. At the Streltsovskoye ore field the uranium

accumulation took place with the leucogranites intrusion and high-temperature hydrothermal activity during one stage of a wide range of depths (from 150 to 2000m) at temperatures from 180 to 250⁰C (rarely 380⁰C) from bicarbonate-chloride solutions with low content of carbon dioxide (Bojtsov, 2003; Aleshin et al, 2003).

A small uranium deposit of Arlit in Nigeria, west of Eyr city could serve as characteristic geotypes for deposits in Armenia. The deposits are characterized by uranium reserves in order of 160 thous.t with uranium content of 0.2-0.5%, at the depth of mineralization up to 200m. Deposits are processed by the underground and open pit methods by COMINAC (44t thous.t U) and Somar (50 thous.t U) companies. At the Acuta deposit the Mo, V, Zn and Zr are present in ores along with the uranium, and the content of ZrO₂ (baddeleyite) in pitchblende is more than 3%. On the Guzumat and Tarat deposits the ore minerals are represented by pitchblende, chlorite, korrensit, iordizite, montrozeite, pyrite, marcasite, sphalerite (Birka et al, 2003).

Paragenesis of minerals suggests the alkaline volcanic source of elements. The most likely are the Permian-Jurassic volcanic complex enriched by uranium and are widespread in the area of Eyr city, especially vitroklastic tuffs containing uranium 0.0015-0.0020%, and a large number of zirconium - 0.1-0.25%. Uranium and other elements apparently are leached from the fine-grained tuffs and are localized on the redox barriers, and the significant role of lithological control (Kazoulat, 1985). Structural and tectonic control are pronounced by the timing of uranium deposits to the zone of steep-falling Arlit-In-Azavi fault and their localization in the discontinuously-folded fledge syngenetic structures.

Armenian metallogenic province is of particular interest in radioactive materials, considering the complex nature of uranium-bearing ores, on the one hand, and on the other - the localization of uranium in ores of prospected and exploited deposits of various formations within the major mining centers with well-developed infrastructure and reserves for the rare metal production.

Analysis of material available and our personal investigations show that the radioactive material resources of Armenia are not limited

to known formation-genetic types, and the scope of inquiry should involve promising new objects of both ore and non-metallic materials, by the analogy with foreign geotypes, as well as taking into account the peculiarities of the Armenian metallogenic province.

Based on the foregoing, new uranium-bearing formations may be the most perspective for the Republic of Armenia:

1. Mantle of copper-porphyry systems' secondary quartzite as complex Au-U-Cu-Fe (S) ores. This formation have been known as auriferous, but as a complex gold-copper-uranium is allocated for the first time according to the Armenian (Hachinsar) and Nagorno-Karabakh Republic (Vardadzor) materials.

2. Vein-magmatic bodies of granosienite-aplites of the Eocene-Oligocene magmatic complex of the Au-U formation. This formation is allocated for the first time on the materials of Armenia (Ovtamech).

3. Terrigenous coal-shale complexes of the Au-U-Fe (S) formation. Gold-uranium bearity of the terrigenous coal-shale deposits have been known long ago. The most typical are known deposits of the United States, Russia, Kazakhstan, Uzbekistan, Kyrgyzstan, Central Africa (Curry and Nyasaland), Argentina (Kukuy, Eskoy), Brazil, Chile, Sweden, Britain, France, Portugal, Spain, Germany, Australia etc. The most typical geotypes for Armenian complexes are Jurassic accumulations of the Kovak (Kirgizaiya) deposits and Meso-Cenozoic accumulations of the Semizbay (Kazakhstan) deposit and Trutnov (Czech Republic) and also Dakota (USA) coal-bearing deposits and terrigenous sediments of the North Bohemian ore district (Hamr, Straj, Golichka, Osechno-Kotyol, Brzhevnishte), Lodev (France), Mecsek (Hungary), Primorskoye, Oglaktinskoye and Onkazhenskoe (Russian Federation).

4. Iron caps of sulfide copper (copper-porphyry) Au-U-Fe (S) formation. This formation has been known as auriferous, and according to the Armenian is allocated for the first time as gold-uranium. Foreign analogues are still unknown.

5. Pliocene rift conglomerates and conglobreccias Au-U-Fe (S) formation. The Tertiary gold-uranium conglomerates are known in many countries: the Eocene – Klondike, Yukon (Canada), Wind River

(Wyoming, USA); the Miocene – North Pamir (Tajikistan), North Kunlun (China); Paleocene – Pinyon (Wyoming, USA); the Cretaceous - Baley (Russian Federation); the Neogene – Ninge-Toge (Tottor prefecture, Japan) and dissected - South Island (New Zealand).

The allocated new complex uranium-bearing formations are related to different formation-genetic types: the hydrothermal in the final stage of magmatic process (vein-magmatic granosyenite-aplites); hydrothermal-infiltrational (mantle secondary quartzites and overlying iron caps of the copper-porphyry deposits, rift conglomerates and conglobreccias), as well as infiltration type (terrigenous-coal shale complexes).

As a result, our research the important role of secondary infiltration (hydrogenous- chemogenic) and hydrothermal-infiltration processes in the formation of uranium (gold-uranium) mineralization in the ore and non-ore formations of Armenia, mainly in the Supergene zone has been defined.

Systematization and analysis of materials according to the experience of foreign companies on extraction and processing of complex uranium bearing and uranium ore showed the following:

1. Commercial extraction of uranium is provided at the contents of 0,012-0,02% uranium and more in the mined commodity ore. At high content (up to 30% of Canadian ore and within 3% of Australian ore) the ores are enriched (with using the BIOX technology) with the concentrates obtaining, and low-grade ore (0,12-0,02%) and tailings (0.03% uranium) are processed by leaching (heap or underground-mixture, or boreholes).

Uranium extracting at ore processing ranges from 58% (Bykogorskoe, Lermontov deposits the Republic of Ukraine, Russian Federation) up to 69.5% (Zvezdnoye deposit) – 72% (Vostok, Celinnyj MCC, Kazakhstan deposits). At the Celinnyj MCC the through extraction of uranium is ensuring by heap leaching technology of canceled stock blocks - 87% - and the minimum dilution at the underground mining of complex uranium-molybdenum ores with applying of the heading-and-stall method - 15-17% (Manybay deposit).

At the Tulukuy mine of the Streltsovskoje ore field (Priargunskoe MCC, RF) the 62% extraction is ensured by heap leaching at an average grade of 0,12% uranium in mined commodity ore and production rate of 1200t/year.

Currently, the most promising, effective and ecologically safe is the underground an oxygen-water reagent-free technology. Reagents are generating in the stratum, and the O₂ oxidant is obtained from the air, which so far has no value. With the increasing of borehole production up to 40-50m³/h the zone of the solutions filtering captures the entire area of irrigation, providing the extraction at least of 70-80% (Uchkuduk, Uzbekistan; Chan, China).

2. Low-grade ores are processed according to the scheme of heap or underground (mine or borehole) leaching. In the Soviet times the selective leaching of uranium was realized, based on its economic activities and strategic importance, and abroad the gold-uranium ores were processed according to complex scheme with the use of advanced coal-sorption and ion exchange technologies with the recovery of all (if possible) useful components (RSA - Val Reefs; Bufflesfontein Gold, ERGO, USA - AARL; Uzbekistan - Navoi MCC - at present).

3. At the underground mining 2 options of ore processing is used: on-site by the transporting of uranium containing solution up the surface and transporting of ore to the surface, followed by leaching.

4. Overseas experience of the gold-uranium non-metallic materials using, such as auriferous terrigenous-coal shale sediments and secondary quartzite, and the results of our researches indicate that gold and uranium in most cases are in the fine (nanoscale) state and are often associated with genetically unrelated pyrite and rarely with thucholite that gives ores the "refractive" nature, besides it is difficult to detect and difficult to extract them by the traditional methods, which requires special technological schedules of ore preparation and low-grade ores processing.

Thus, the refinement of ore formations promising in Armenia on radioactive elements currently has strategic importance because Russia, in principle, has deprived of traditionally basic objects (Tajikistan, Kyrgyzstan, Kazakhstan) of the fuel and energy complex of the Nuclear

Power Plant. On the other hand, the radioactive materials are an important argument of the in development of defense and civilian research in Armenia. The resumption of exploration work at these facilities is urgent. In part, these studies have already begun jointly with Russia. In this regard, we note the following:

1. For the present any one gram of uranium or other radioactive elements is not listed in the state balance of the Republic of Armenia. There is not even reliable forecasts of the radioactive potential.

2. Is there the commercial uranium in the Republic or not? That nobody knows!

3. At the present stage of human development there is no alternative to nuclear power. This primarily refers to Armenia. Fundamental importance is the supply by the local raw materials the exploited today (and projected) Metsamor power plants and waste disposal. We ourselves are obliged to provide our nuclear power plant by raw materials, no one but we do not care about it, though it run into money, and, secondly, we should have to bury the waste of nuclear energy (and other chemically hazardous waste), in Armenia and not in any other country.

4. Nuclear power does not burn oxygen, does not create the greenhouse effect and emits much less radioactive and other substances harmful to human health, say, ash, sulfur oxides, nitrogen, vanadium, carbon, aldehydes, etc. - than any other energy. Living near the Thermal Power Plants operating on fossil fuel is 40 times more dangerous than living near the Nuclear Power Plants.

Thus, the resource assessment of the radioactive material in the independent Armenia is the imperative of time, which is dictated not only by the need to meet the requirement in nuclear energy, while contributing to the development of military industry and guarantee the security of the country, but also the development of new areas of technology, science and indu

ЛИТЕРАТУРА

1. **Алоян Г.П.** Ресурсный потенциал радиоактивного сырья Армении и перспективы его освоения. М.: Горный журнал. 2007, N 6, с. 34-37.
2. **Алоян Г.П.** Геохимические особенности избирательной концентрации металлов и радиоактивных элементов в терригенно-углесланцевых комплексах Армении. Вестник ИАА, 2008, N 3, с. 347-353.
3. **Алоян Г.П., Алоян П.Г.** Металлоносность нораревикской свиты южного Зангезура. Уч. зап. ЕГУ, Геология и география, 2010, N 2, с. 3-12.
4. **Алоян П.Г., Алоян Г.П.** Металлоносность черносланцевых (терригенно-углесланцевых) комплексов Армении. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 2003, N 3, с. 8-13.
5. **Алоян П.Г., Алоян Г.П.** Платиноиды в промышленных рудах Армении. Ереван, ГЕОИД, 2003, 130с.
6. **Алоян П.Г., Алоян Г.П.** Редкие металлы в промышленных рудах Армении. Ереван, Геоид, 2005, 335 с.
7. **Алоян П.Г., Алоян Г.П., Давтян А.А., Фарамазян А.С.** Рений, радиогенный осмий и платиноиды в рудах Армении. Вестник ИАА, 2006, т. 3, N 4, с. 549-565.
8. **Алоян П.Г., Алоян Г.П., Давтян А.А.** Радиоактивные ресурсы Армении и перспективы их освоения. Вестник ИАА, 2006, т. 3, N 3, с. 369-382.
9. **Алоян П.Г.** Вторичные кварциты Армении как новый формационно-генетический тип рудно-радиогенного сырья. Вестник ИАА, 2008, N 3, с. 339-346.
10. **Алоян П.Г., Алоян Г.П.** Ресурсный потенциал рудного сырья Армении. Ереван, Геоид, 2008, 604 с.
11. **Алоян П.Г.** Ураноносность граносиенит-аплитов эоцен-олигоценового вулканоплутонического комплекса Армении. Вестник ИАА, 2009, N 1, с. 62-67.
12. **Алоян П.Г.** Рудная модель зоны гипергенеза сульфидных (меднопорфировых) месторождений Армении. Вестник ИАА, 2010, N 3, с. 466-475.
13. **Алоян П.Г.** Новые ураноносные формации Армении. Вестник ИАА, 2010, N 4 (в печати).
14. **Андреев И.Ю., Головин В.Ф., Литвиненко В.Г. и др.** Комплексная технология переработки урановых руд агитационными и перколяционными методами.; М.: Горный журнал, 2003, N 6, с. 45-47.
15. **Андреев П.Ф., Андреева И.В., Rogozina Э.М.** Взаимодействие солей урана с компонентами растительной ткани и их некоторыми производными. М.: Геохимия, 1962, N 4. с. 313-317.
16. **Баранов Ю.Э.** Редкие элементы в угленосных формациях. В кн.: Геохимия, минералогия и генетические типы месторождений редких элементов. М.: Наука, 1966, т. 3, с. 736-755.
17. **Батулин С.Г., Грушевой Г.В., Зеленова О.И. и др.** Гидрогенные месторождения урана. Основы теории образования. М.: Атомиздат, 1980.
18. **Бойцов В.Е., Верчеба А.А.** Геолого-промышленные типы месторождений урана. М.: Университет, книжный дом, 2008, 310с.
19. **Бойцов В.Е., Пилипенко Г.Н., Солодов Н.А.** Месторождения благородных, радиоактивных и редких металлов. М.: НИИ-Природа, 1999, 200с.

20. Батулин С.Г., Головин Е.А., Зеленова О.И. Экзогенные эпигенетические месторождения урана: условия образования. М.: Атомиздат, 1965, 324с.
21. Бетехтин А.Г., Зверев В.Н., Татаринов П.М. и др. Краткий курс месторождений полезных ископаемых. Л.-М.: Госгеолтехиздат, 1938, с. 37-53.
22. Бирка Г.И., Бойцов А.В., Никольский А.Л., Фазлулин М.И. Международная конференция "Геохимия урана - 2003". М.: Цветные металлы, 2003, N 1, с. 72-81.
23. Брегер Н.А., Дьюл М. Органическая геохимия урана. В кн.: Геология атомных сырьевых материалов. М.: Госгеолтехиздат, 1956, с. 95-105.
24. Вайн Дж. Урансодержащие угли в США. В кн.: Материалы Втор. междунар. конф. по мирн. использ. атомной энергии (Женева, 1955). М.: Госгеолтехиздат, 1958, т. 6, с. 525-531.
25. Вольфсон Ф.И., Королев К.Г. Условия формирования урановых месторождений. М.: Недра, 1990, 288с.
26. Воскресненская Н.Т. К вопросу о форме нахождения урана в углях. Изв. АН Киргиз.ССР, 1960, т 2, вып. 5.
27. Габриелян А.А. Палеоген и неоген Армянской ССР. Ереван, Изд. АН Арм. ССР, 1964, 276с.
28. Геология атомных сырьевых материалов. Доклады иностранных ученых на Второй международной конференции по мирному использованию атомной энергии. Женева - 1955. М.: Госгеолтехиздат, 1956, 508с.
29. Гиш А.А., Капатури Г.Г. О некоторых результатах исследования связи естественной радиоактивности и зольности углей Варкутского месторождения. Изв.ВУЗ, Геология и разведка, 1970, N 10, с. 145-149.
30. Голик В.И., Брюховецкий О.С., Габараев О.З. Технологии освоения месторождений урановых руд. М., МГИУ, 2007, 131 с.
31. Данчев В.И., Стрелянов Н.П. Об особенностях образования повышенных концентраций урана и ряда редких элементов в угленосных формациях. В кн.: Радиоактивные элементы в горных породах. Новосибирск. Изд. СО АН СССР, 1972, с. 37-39.
32. Данчев В.И., Стрелянов Н.П. Ураноугольные месторождения и их главнейшие генетические типы. М.: Геология рудных месторождений, 1973, т. 15, N 3, с. 66-81.
33. Данчев В.И. Текстуры и структуры урановых руд экзогенных месторождений. М.: Атомиздат, 1977, 102с.
34. Данчев В.И., Стрелянов Н.П. Экзогенные месторождения урана. М.: Атомиздат, 1979, 245с.
35. Данчев В.И., Лапинская Т.А. Месторождения радиоактивного сырья. М.: Недра. 1980, 256с.
36. Евсеева Л.С., Перельман А.И., Иванов К.Е. Геохимия урана в зоне гипергенеза. М.: Атомиздат, 1974, 280с.
37. Евстахийев В.Л. Урановорудные эпохи. Изв. АН СССР, серия геологическая, 1967, N 3, с. 115-116.

38. Есаулов В.Н., Коллакова Е.В., Лильбок Л.А., Саттаров Г.С., Ильин П.А. Единство технологий естественного рудообразования и техногенного подземного выщелачивания инфильтрационных месторождений урана – залог их успешного освоения. Ташкент, Konchilik xabarnomasi, 2008, N 1, ц. 5-9.
39. Железная шляпа. В кн.: Геологический словарь. М.: Недра, 1978, с.243.
40. Зелински Р., Финкельман Р. Радиоактивные элементы в угле и золе: содержание, формы и экологическое значение. <http://masters.donntu.edu.ua> (2007).
41. Каримов Х.К., Бобоиров Н.С. и др. Учкудукский тип урановых месторождений Республики Узбекистан. Ташкент, "ФАН", 1996, 336 с.
42. Касьянов А.В., Безбородов А.А., Жоров В.А., Кобылянская А.Г. Соосаждение урана с гидроокисью титана из морской воды. М.: Радиохимия, 1975, т. 17, N 4, с. 477-481.
43. Керр П.Ф. Месторождения урана и тория. В кн.: Геология атомных сырьевых материалов. М.: Госгеолтехиздат, 1956, с. 183-211.
44. Клер В.Р. Месторождения урана и тория в нормальных осадочных породах. В кн.: Геология атомных сырьевых материалов. М.: Госгеолтехиздат, 1956, с. 183-211.
45. Ковалев А.А. О полигенности уранового оруденения в угленосных отложениях. Сов. геология, 1970, N 10.
46. Коковкин А.А. Уран-полиэлементные рудообразующие системы рифтогенных структур юга Дальнего Востока России. М.: Руды и металлы, 2006. N 6, с. 5-12.
47. Константинов В.М. Месторождения урана в тектонических депрессиях. М.: Природа, 2001, N 7, с. 44-48.
48. Котляр В.Н. Амулсарское месторождение алунитов в Советской Армении. ДАН АрмССР. 1945, т. 3, N 3, с. 81-83.
49. Кочарян А.Е. Условия образования и закономерности размещения уранового оруденения на территории Арм. ССР. Доктор. дис. Ереван. Фонды ИГН НАН РА, 1969, 488с.
50. Коченов А.В., Дубинчук В.П., Каширцева М.Ф. и др. О формах выделения и условиях осаждения урана в экзогенных эпигенетических месторождениях. М.: Геохимия, 1981, N 5, с. 769-778.
51. Коченов А.В., Зиновьев В.В., Ковалева С.А. Некоторые особенности процесса накопления урана в торфяниках. М.: Геохимия, 1965, N 1, с. 97-103.
52. Кочинян Г.Е. Минералогия и геохимия щелочных пород Памбака. Ереван, Изд. АН АрмССР, 1975, 175с.
53. Лавров Н.П., Смирлестын А.О., Шумилин М.В. Зарубежные месторождения урана. М.: Недра, 1983.
54. Лавров Н.П. Важнейшие урановые месторождения Австралии. М.: Недра, 1974.
55. Лавров Н.П., Барсуков В.Л. Урановые месторождения района Алигейтор Риверс (Северная Австралия). Геол. руд. месторождений, 1977, N 2.

56. **Лодейщиков В.В.** Золотоизвлекающие фабрики мира. Аналитический обзор. Иркутск, Иргиредмет, 2005, 447 с.
57. **Лебедев П.И.** Алунитизация лав Алагеза (Армения). Докл. АН СССР, 1928, А, N 18-19, с. 393-397.
58. **Лопаткина А.П.** Условия накопления урана торфами. М.: Геохимия, 1967, N 6, с. 708-719.
59. **Лопаткина А.П., Комаров В.С., Сергеев А.Н., Андреев А.Г.** Некоторые особенности накопления урана живыми и отмирающими растениями-торфообразователями. М.: Геохимия, 1970, N 3, с. 372-377.
60. **Лисицын А.К., Круглов А.И., Пантелеев В.М., Сидельникова В.Д.** Условия накопления урана в низинных старичных торфяниках. М.: Литология и полезные ископаемые, 1967, N 3, с. 103-116.
61. **Маккелви В.И., Эверхард Д.Л., Гаррелс Р.М.** Обзор гипотез о генезисе урановых месторождений. В кн.: Геология атомных сырьевых материалов. М.: Госгеолтехиздат, 1956, с. 25-52.
62. **Манская С.М., Дроздова Т.В.** Геохимия органического вещества. М.: Наука, 1964, 315с.
63. **Мкртчян С.С.** Зангезурская рудоносная область АрмССР. Ереван. Изд. АН Арм. ССР, 1958, 287с.
64. **Некрасова З.А.** К вопросу о генезисе уранового оруденения в углях. В кн.: Вопросы геологии урана. М.: Атомиздат, 1957, с. 37-54.
65. **Неручев С.Г.** Уран и жизнь в истории Земли. Л.: Недра, 1982, 208с.
66. **Нэш Дж.Т., Грейнджер Х., Адамс С.С.** Геология и концепции генезиса важнейших типов урановых месторождений. В кн.: Генезис рудных месторождений. Т. 1. М.: Мир, 1984, с. 72-155.
67. **Обручев В.А.** Рудные месторождения. М.-Л.: Госиздат, 1929, с. 452-467.
68. **Островская Г.Я.** Об уране в породах угленосных формаций. М.: Атомная энергия, 1970, N 6, с. 102-106.
69. **Преториус Д.А.** Золото и уран в кварцевых конгломератах. В кн.: Генезис рудных месторождений, т. 2. М.: Мир, 1984, с. 5-38.
70. **Русинов В.Л.** Процессы алунитизации в некоторых областях молодого вулканизма. М.: Недра, 1966.
71. **Сафонов Ю.Г.** Золоторудные и золотосодержащие месторождения мира – генезис и металлогенетический потенциал. М.: Геол. рудн. месторожд, 2003, т. 45, N 4, с. 305-320.
72. **Салаи А.** Значение гумуса в геохимическом обогащении урана. Избранные доклады иностранных ученых. М.: Атомиздат, 1959, т. 8, с. 116-125.
73. **Сапрыкин Ф.Я., Кир В.Р., Кулачкова А.Ф.** Геохимические особенности концентрации редких элементов в различных фациальных типах отложений угленосных формаций. В кн.: Угленосные формации и их генезис. М.: Наука, 1973, с. 126-138.
74. **Свейн Д.Дж.** Микроэлементы в углях. В кн.: Очерки современной геохимии и аналитической химии. М.: Наука, 1972, с. 484-487.

75. **Смирнов И.П., Матвеев А.А., Смирнов К.М.** Выщелачивание урановых и комплексных руд. Цвет. металлы, 2003, N 4, с. 27-34.
76. **Смирнов С.С.** Зона окисления сульфидных месторождений. М.-Л.: Изд. АН СССР, 1955, с. 89-100, 139-148.
77. **Суражский Д.Я.** Генетические типы промышленных месторождений урана. М.: Атомная энергия, 1956, N 2.
78. **Хейрих Э.У.** Минералогия и геология радиоактивного минерального сырья. М.: ИЛ, 1962, 205с.
79. **Холодов В.Н.** Геохимия осадочного процесса. М.: ГЕОС, 2006, 608 с.
80. **Центер М.Я., Розинова Е.А.** Об эродированных неогеновых вулканических аппаратах в Восточном Вайке и Зангезуре. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1972, N 1, с. 42-49.
81. **Шаталов В.В., Смирнов И.П., Матвеев А.А., Смирнов К.М.** Выщелачивание урановых и комплексных руд. М.: Цветные металлы, 2003, N 4, с. 27-34.
82. **Шаталов В.В., Фазлуллин М.И.** Подземное выщелачивание урана и пути его совершенствования. Цвет. металлы, 2003, N 4, с. 35-39.
83. **Шаталов В.В., Фазлуллин М.И.** Подземное и кучное выщелачивание урана, золота и других металлов, современное состояние. Цвет. металлы, 2003, N 5, с. 89-92.
84. **Шмариневич Е.М., Щеточкин В.Н., Жильцова И.Г.** Проблема эндогенного эпигенетического рудообразования в кристаллических породах. В кн.: Генезис редкометалльных и свинцово-цинковых стратиформных месторождений. М.: Наука, 1986, с. 102-110.
85. **Шумилин М.В., Муромуев Н.Н., Бровин К.Г.** и др. Разведка месторождений урана для отработки методом подземного выщелачивания. М.: Недра, 1985.
86. **Щеглов А.Д.** Основные проблемы современной металлогении. Вопросы истории и практики. Л.: Недра, 1987, 231с.
87. **Щеглов А.Д.** Синхронный рифтогенез и оруденение. М.: Геол. рудн. месторожд., 1997, т. 39, N 2, с. 115-126.
88. **Шербина В.В.** Поведение урана и тория в условиях сульфатно-карбонатной и фосфатной сред зоны гипергенеза. Геохимия, 1957, N 6, с. 493-509.
89. **Юдович Я.Э., Кетрис М.П., Мерц А.В.** Элементы-примеси в ископаемых углях. Л.: Наука, 1985, 238с.
90. **Юдович Я.Э., Кетрис М.П.** Геохимия черных сланцев. Л.: Наука, 1988, 272с.
91. **Юдович Я.Э., Кетрис М.П.** Элементы-примеси в черных сланцах. Екатеринбург. УИФ Наука, 1994, 302с.
92. **Юровский А.З.** Минеральные компоненты твердых горючих ископаемых. М.: Недра, 1968, 214с.
93. **Ягжин А.А.** Поиски и разведка урановых месторождений. М.: Госгеолтехиздат, 1961, 480с.
94. **Aloyan P.G., Aloyan G.P.** Gold of Armenia. Russian Mining, 2003, N 5, p.13-17.
95. **Aloyan P.G., Aloyan G.P.** Prospects of rare-metal industry in Armenia. Russian Mining, 2005, N 6, p. 6-13.

96. **Almogela D.H.** Philippine porphyry coppers: now 34 known deposits, 8 mines. *World mining*, 1974, v. 27, N 13, p. 28-33.
97. **Bell P.D., Gomez J.G., Loayza C.E., Pinto R.M.** Geology of the gold deposits of the Yanacocha district, northern Peru. *Pacrim Conference*, 2004.
98. **Berger I.A., Deul M., Megrowitz R.** Geochemistry and mineralogy of the uraniumiferous sublutuminous coal. *Econ. geol.*, v. 50, 1956, N 6, 610p.
99. **Davis N.M., Kennedy J., McIlroy R.W., Spence R., Hill K.M.** Extraction of uranium from the sea water. *Nature*, 1964, v. 203, p. 1110-1115.
100. **Davidson C.F., Ponsford D.R.** On the occurrence of uranium in coals. *Miner. Mag.*, 1954, v. 91, p. 265-273.
101. **Katayama Nobuo, Kuba K., Hirona S.** Genesis of the uranium deposits of the Tono mine, Japan. In: *Formation of uranium deposits*. Vienna: Internat. Atomic Energy Agency, 1974, p. 437-452.
102. **Katayama Nobuo, Kamiyama Teigi.** Favorable conditions for the formation of basal type uranium deposits. *Mining Geology*. 1977, v. 27, p. 1-8.
103. **Hollister V.F.** Regional characteristics of porphyry copper deposits in south America. *Trans., AIME*. 1974, N 1, p. 45-53.
104. **Korolev K.G., Rummyantseva G.V.** Conditions of formation of collomorphic uranotitanates and brannerite. *Internat. Geol. Rev.*, 1976, v. 18, p. 167-171.
105. **Moore G.W.** Extraction of uranium from aqueous solution by coal and some other materials. *Econ. Geol.*, 1954, v. 49, p. 652-658.
106. **Metz R.A., Rose A.W.** Geology of the ray copper deposit, ray Arizona. In: *Geology of the porphyry copper deposits South Western- North America*. Tucson Univ. Arizona Press, 1968, p. 177-188.
107. **Schopf J.M., Gray R.J.** Microscopic studies of uraniumiferous coal deposits. *U.S. Geol. Survey, Circ.* 1954, 343 p.
108. **Sillitoe R.H.** Gold metallogeny of Chile an introduction. *Econ. Geol.* 1991, v. 86, p. 1167-1205.
109. **Sillitoe R.H.** Geology and potential of Amulsar gold prospect, Armenia. A report prered for Lydian International Limited. June. 2007, 7 p.
110. **Stuckless J.S., Nkoto J.T.** Preliminary investigations of the U-Th-Pb systematics in the uranium-bearing minerals from two granitic rocks from the Granite Mountains - Wyoming: *Econ.geol.*, 1980.-v. 75, p. 289-295
111. **Vine J.D.** Geology of uranium in coaly carbonaceous rocks: Uranium in carbonaceous rocks. *US Geol. Surv. Prof. Pap.*, 1962, N 356-D, p. 1-163.

ВВЕДЕНИЕ	5
Глава 1. Особенности поведения урана в геологических процессах	8
Глава 2. Состояние мировых запасов и изученность геологических формаций Армении на радиоактивное сырье	11
Глава 3. Формационно-генетическая типизация урановых рудопроявлений Армении	17
3.1. Типизация урановых рудопроявлений.....	17
Гидротермальные рудопроявления. Уран-молибденовый тип.....	20
3.3. Гидротермально-инфильтрационные рудопроявления.....	24
3.3.1. Уран-полиметаллический тип (с золотом).....	24
3.3.2. Уран-молибденовый тип.....	30
3.3.3. Уран-торий-редкоземельный(уранинит-флюорит-биотитовый) тип.....	33
3.4. Эпитермально-инфильтрационные рудопроявления. Золото-уран-железистый тип в андезитовых туфобрекчиях.....	35
Глава 4. Новые ураноносные формации Армении	37
4.1. Гидротермальные рудопроявления.....	38
4.1.1. Граносиенит-аплиты эоцен-олигоценового магматического комплекса.....	38
4.2. Эпитермально-инфильтрационные рудопроявления.....	43
4.2.1. Покровы вторичных кварцитов меднопорфировых систем.....	43
4.2.2. О возможной ураноносности рифтогенных конгломератов и конглобрекций Мегринского разреза.....	51
4.3. Инфильтрационные рудопроявления (гидрогенно -хемогенные).....	66
4.3.1. Терригенно-углесланцевые комплексы.....	66
4.3.1.1. Ураноносность углесланцев мира (обзор литературы).....	66
4.3.1.2. О возможной ураноносности терригенно-углесланцевых комплексов Армении.....	90
4.3.2. Ураноносность железных шляп.....	98
4.3.2.1. Макроскопическое и бинокулярное описание штуфных образцов.....	104
4.3.2.2. Петрографический состав.....	107
4.3.2.3. Рудная минералогия.....	111
Глава 5. Технологии добычи и переработки урановых руд	124
5.1. Способы добычи и переработки урановых руд.....	126
5.2. Зарубежный опыт комплексного использования золото-урановых руд.....	132
5.3. Советский опыт добычи и переработки урановых руд.....	136
5.3.1. Некоторые особенности морфологии рудных тел урановых месторождений.....	137
5.3.2. Опыт добычи и переработки урановых руд.....	141

Глава 6. О целесообразности проведения геологоразведочных работ с целью оценки ресурсного потенциала радиоактивного

сырья (вместо заключения).....	149
ЗАКЛЮЧЕНИЕ (на двух языках – армянском и английском).....	157
ЛИТЕРАТУРА.....	174
СОДЕРЖАНИЕ.....	180

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ.....	5
Գլուխ 1. Ուրանի վարքագծի առանձնահատկությունները երկրաբանական պրոցեսներում.....	8
Գլուխ 2. Ռադիոակտիվ հումքի համաշխարհային պաշարների դրությունը և Հայաստանի երկրաբանական ֆորմացիաների ուսումնասիրվածությունը.....	11
Գլուխ 3. Հայաստանի ուրանաբեր հանքերակումների ֆորմացիոն-գենետիկ տիպայնացումը.....	17
3.1. Ուրանաբեր հանքերակումների տիպայնացումը.....	17
3.2. Հիդրոթերմալ հանքերակումներ: Ուրան-մոլիբդենային տարատեսակ.....	20
3.3. Հիդրոթերմալ-ինֆիլտրացիոն հանքերակումներ.....	24
3.3.1. Ուրան-բազմամետաղային տարատեսակ (ոսկու հետ).....	24
3.3.2. Ուրան-մոլիբդենային տարատեսակ.....	30
3.3.3. Ուրան-թորիում-հազվագյուտոտոլային (ուրանինիտ-ֆլուորիտ-բիոտիտային) տարատեսակ.....	33
3.4. Էպիթերմալ-ինֆիլտրացիոն հանքերակումներ: Ոսկի-ուրան-երկաթային տարատեսակ՝ անդեզիտային տուֆափշրաքարերում.....	35
Գլուխ 4. Հայաստանի ուրանաբեր նոր ֆորմացիաները.....	37
4.1. Հիդրոթերմալ հանքերակումներ.....	38
4.1.1. Էոցեն-օլիգոցենի մագմատիկ կոմպլեքսի գրանոսիենիտ-ապլիտներ.....	38
4.2. Էպիթերմալ-ինֆիլտրացիոն հանքերակումներ.....	43
4.2.1. Պոլինոձ-պորֆիրային կառույցների երկրորդային քվարցիտների ծածկոցներ.....	43
4.2.2. Մեղրու կտրվածքի ռիֆտածին փշրաքարերի և փշրաքերկորային առաջացումների հնարավոր ուրանաբերության մասին.....	51
4.3. Ինֆիլտրացիոն (հիդրոժին-քիմիածին) հանքերակումներ.....	61
4.3.1. Տերրիզեն-ածխաբերքաբարային առաջացումներ.....	61
4.3.1.1. Աշխարհի ածխաբերքաբարերի ուրանաբերությունը (գրականության վերլուծություն).....	61
4.3.1.2. Հայաստանի տերրիզեն-ածխաբերքաբարային առաջացումների հնարավոր ուրանաբերության մասին.....	90
4.3.2. Երկաթե գլխարկների ուրանաբերությունը.....	98

4.3.2.1. Քարաբեկորային նմուշների մակրոսկոպիկ և բինօկոլոյար նկարագրությունը.....	104
4.3.2.2. Պետրոգրաֆիական կազմը.....	107
4.3.2.3. Հանքային միներալոգիա.....	111
Գլուխ 5. Ուրանաբեր հանքաքարերի արդյունահանման և վերամշակման տեխնոլոգիաները.....	124
5.1. Ուրանաբեր հանքաքարերի արդյունահանման և վերամշակման ձևերը.....	126
5.2. Ոսկի-ուրանային հանքաքարերի համալիր օգտագործման օտարերկրյա փորձը.....	132
5.3. Ուրանաբեր հանքաքարերի արդյունահանման և վերամշակման խորհրդային փորձը.....	136
5.3.1. Ուրանային հանքավայրերի հանքային մարմինների մորֆոլոգիական որոշ առանձնահատկություններ.....	137
5.3.2. Ուրանաբեր հանքաքարերի արդյունահանման և վերամշակման փորձից.....	141
Գլուխ 6. Երկրաբանահետախուզական աշխատանքների իրականացման նպատակահարմարության հիմնավորումը ռադիոակտիվ հումքի բնապաշարային ներուժի գնահատման համար.....	149
ԵԶՐԱԿԱՅՈՒԹՅՈՒՆ.....	157
ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ.....	174
ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ.....	180

TABLE OF CONTENT

INTRODUCTION.....	5
Chapter 1. Characteristic behavior of uranium in geological processes.....	8
Chapter 2. The state of the world resources and the stage of investigations of Armenian geological formations on the radioactive raw materials.....	11
Chapter 3. Formation and genetic types of uranium occurrences in Armenia.....	17
3.1. Types of uranium occurrences.....	17
3.2. Hydrothermal occurrences. Uranium-molybdenum type.....	20
3.3. Hydrothermal infiltrating occurrences.....	24
3.3.1. Uranium-base metals type (with gold).....	24
3.3.2. Uranium-molybdenum type.....	30
3.3.3. Uranium-thorium-rare earth (uraninite-fluorite-biotite) type.....	33
3.4. Epithermal infiltrating occurrences. Gold-uranium-glandular type in andesite tufabreccias.....	35
Chapter 4. New uranium-bearing formations of Armenia.....	37
4.1. Hydrothermal occurrences.....	38

4.1.1. Granosyenite aplites of Eocene-Oligocene magmatic complex.....	38
4.2. Epithermal infiltrating occurrences.....	43
4.2.1. Secondary quartzite mantels of copper-porphyry systems.....	43
4.2.2. The possibility of uranium-bearing of Meghri cut rift conglomerates and congllo-breccias.....	51
4.3. Infiltrating occurrences.....	66
4.3.1. Terrigenous coal-shale complexes.....	66
4.3.1.1. Uranium-bearing coal-shale complexes of the world (literature review).....	66
4.3.1.2. The possibility of uranium-bearing of terrigenous coal-shale complexes of Armenia.....	90
4.3.2. Uranium-bearing iron cups.....	98
4.3.2.1. Macroscopic and binocular description of ore samples.....	104
4.3.2.2. Petrographic composition.....	107
4.3.2.3. Ore mineralogy.....	111
Chapter 5. Mining and processing technology of uranium ores.....	124
5.1. Mining and processing methods of uranium ores.....	126
5.2. Foreign experience of gold-uranium ores multipurpose use.....	132
5.3. Soviet mining and processing experience of uranium ores.....	136
5.3.1. Some morphological features of uranium deposites ore bodies.....	137
5.3.2. Mining and processing experience of uranium ores.....	141
Chapter 6. The feasibility of explorations for the assesment of the radioactive raw materials resource potential (instead of conclusion).....	149
CONCLUSION.....	167
BIBLIOGRAPHY.....	174
TABLE OF CONTENT.....	180

Рациональное использование рудного сырья и эффективное освоение недр Армении

Издано в 2001-2010гг.

1. Алоян П.Г. Геология горнорудных регионов Армении. Повышение эффективности освоения рудных месторождений. Ереван, ГЕОИД, 2001, 243 с. ISBN 99930-900-0-X
2. Алоян Гайк П., Алоян П.Г. Геологическое строение и типы руд Марцигетского золотополиметаллического месторождения. Ереван, ГЕОИД, 2001, 129 с. ISBN 99930-900-1-8
3. Алоян П.Г., Алоян Гайк П., Давтян А.А. и др. Формационно-технологические параметры Меградзорского золоторудного месторождения. Ереван, ГЕОИД, 2002, 190 с. ISBN 99930-900-3-4
4. Безирганов Б.Г. Прогноз и методика поисков скрытого эндогенного оруденения в пределах рудных полей и месторождений Армении. Ереван, ГЕОИД, 2002, 355с. ISBN 99930-900-4-2
5. Алоян П.Г., Алоян Гайк П. Платиноиды в промышленных рудах Армении. Ереван, ГЕОИД, 2003, 130 с. ISBN 99930-900-8-5
6. Вопросы эффективного использования минерально-сырьевых ресурсов Армении. Ереван, ГЕОИД, 2004, 196с. ISBN 99941-962-0-0
7. Алоян П.Г., Алоян Гайк П. Редкие металлы в промышленных рудах Армении. Ереван, ГЕОИД, 2005, 135 с. ISBN 99941-962-2-7
8. Алоян П.Г., Алоян Гайк П., Давтян А.А. и др. Металлы (черные, цветные, редкие, благородные). Ереван, ГЕОИД, 2006, 250 с. ISBN 99941-962-3-5 (на армянском языке)
9. Алоян П.Г., Алоян Гайк П. Ресурсный потенциал рудного сырья Армении. Ереван, ГЕОИД, 2008, 604 с. ISBN 978-99941-962-5-8
10. Карапетян А.И., Гуяумджян О.П., Шагинян Г.В. Геология и металлоносность Сисианского рудного район (Южная Армения). Ереван, ГЕОИД, 2010, 466 с. ISBN 978-99941-962-8-9

Готовится к изданию в 2011г.

1. Алоян Гайк П. Геология и металлоносность терригенно-углесланцевых комплексов Армении.

Петрос Геворкович Алоян

УРАНОНОСНОСТЬ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ АРМЕНИИ

Серия: рациональное использование рудного сырья
и эффективное освоение недр Армении

Выпуск 11

Художественный редактор
Ж.Д. Саакян

Технические редакторы
В.С. Асланян, С.С. Меликян

Компьютерный набор и
графическое оформление

Г.Г. Карян, А.П. Алоян

На обложке: гроздевидные выделения уранинита в гетит-алунитовом агрегате (шлиф)

Отпечатано в типографии ООО “ЛИМУШ”

Тираж 100 экз.

Центр охраны недр, ГЕОИД, Ереван-9, пр. Маштоца 43/14. Тел.: 568578

E-mail: geoidpetros@mail.ru

5709