

Ж 53
А92

АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА ССР
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ
АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ СССР

Атомная энергия

Ежемесячный журнал
ГОД ИЗДАНИЯ ДВЕНАДЦАТЫЙ

АТОМИЗДАТ ■ МОСКВА ■ 1968

Том 24 ■ Июнь ■ Вып. 6

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

А. И. АЛИХАНОВ, А. А. БОЧВАР, А. П. ВИНОГРАДОВ, Н. А. ВЛАСОВ (зам. главного редактора),
И. Н. ГОЛОВИН, Н. А. ДОЛЛЕЖАЛЬ, А. П. ЗЕФИРОВ, В. Ф. КАЛИНИН, Н. А. КОЛОКОЛЬЦОВ
(зам. главного редактора), А. К. КРАСИН, А. И. ЛЕЙПУНСКИЙ, В. В. МАТВЕЕВ, М. Г. МЕЩЕ-
РЯКОВ, М. Д. МИЛЛИОНЩИКОВ (главный редактор), П. Н. ПАЛЕЙ, Д. Л. СИМОНЕНКО,
В. И. СМЕРНОВ, В. С. ФУРСОВ, В. Б. ШЕВЧЕНКО.

СОДЕРЖАНИЕ

СТАТЬИ

- Н. В. Губкин, Д. Т. Десятников, И. К. Руднева. Пре-
имущество применения метода подземного выще-
лачивания урана в условиях обводненных пла-
стовых месторождений 511
- А. И. Зубов, Г. Н. Котельников. Жилые твердые
битумы в урановом месторождении 514
- М. Х. Ибрагимов, А. В. Жуков. Метод расчета нерав-
номерностей температуры в пучках твэлов, охлаж-
даемых жидкими металлами 520
- М. Н. Ивановский, Ю. В. Милованов, В. И. Субботин.
О характере зависимости коэффициента тепло-
отдачи при капельной конденсации от темпера-
турного напора 523
- И. Т. Мишев, М. Г. Христова. Исследование концен-
трации радиоактивного газа Ar^{41} в воздухе, выбра-
сываемом через трубу реактора ИРТ-1000 530
- И. А. Кондуров, А. И. Егоров, Д. М. Каминер,
Е. М. Коротких, А. М. Никитин. Измерение сече-
ний захвата нейтронов радиоактивными ядрами
 Co^{58m} , Co^{64} и Sc^{46} 533
- В. И. Белоглазов; Ю. М. Базаев, А. К. Вальтер,
В. А. Вишняков, Ф. С. Гороховатский, И. А. Гри-
шаев, Ю. И. Добролюбов, Е. В. Еременко, А. И. Зы-
ков, В. М. Кобезский, В. В. Кондратенко,
Г. Ф. Кузнецов, Н. И. Мочешников, В. В. Муфель,
В. И. Мякота, В. В. Петренко. Линейный ускоре-
тель электронов на 2 Гэв. Физико-технического
института АН УССР 540
- В. Б. Красовицкий, В. И. Курилко, М. А. Стржеме-
чный. Нелинейная теория взаимодействия моду-
лированного пучка с плазмой 545
- Ю. В. Скобцев, Э. И. Юрченко. Движение пролетных
частиц в системе с минимумом V 549
- Ф. В. Кондратьев, Г. В. Синютин. Исследование рабо-
ты цезиевого термоэмиссионного преобразователя
с вольфрамовым катодом 553
- В. С. Кеесельман. Аналитические соотношения для
расчета глубины проникновения ионов в вещество 557

АННОТАЦИИ ДЕПОНИРОВАННЫХ СТАТЕЙ

- М. П. Леончук. Расчет переходных режимов парогене-
ратора на ЦВМ 564
- С. А. Козловский, В. С. Кызьюров, А. А. Сметанин.
Определение потока быстрых нейтронов детекто-
ром $ZnS(Ag)$ + плексиглас и детектором Бассона 564
- В. А. Брикман, В. П. Савина. Исследование объем-
ных полей поглощенных доз нейтронных излуче-
ний в полиэтиленовом образце 565
- В. А. Брикман, В. П. Савина. Экспериментальное
исследование объемных полей поглощенных доз
реакторного γ -излучения в полиэтиленовом образце 566
- В. П. Громов, Ю. Ф. Зубов, Д. Б. Поаднеев. Рассеяние
быстрых нейтронов железными и алюминиевыми
барьерами 567

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

- Л. Н. Москвин, В. И. Портнягин. Влияние солей
 Na , K , Mg и Ca на экстракцию Ce и Y Д2ЭГФК
из кислых растворов 568
- М. К. Ют. Коррозия сталей и никелевых сплавов
в расплавах натрийборсиликатных стекол при тем-
пературах 1000 и 1200°С 570
- Г. Н. Маслов, Ф. Насыров, Н. Ф. Пашкин. Гамма-
излучение при взаимодействии нейтронов с энер-
гией 14 Мэв с ядрами атомов B , C , N , O , F , Al 573
- Г. И. Михайлов, Л. П. Старчик. Анализ лития по вы-
ходу реакции $Li^2(\alpha, \alpha')Li^2*$ 575
- В. А. Толстиков, В. П. Королева, В. Е. Колесов,
А. Г. Довбенко, Ю. Н. Шубин. Радиационный
захват быстрых нейтронов ядрами Sn^{122} , Sn^{124}
и Sb^{121} , Sb^{123} 576
- Р. В. Джагапшания, Ю. Г. Ляскин, Л. И. Хейфец,
В. И. Коеротов, В. И. Мукосей. Расчет коэффи-
циента полезного действия шарового источника
 β -излучения 580
- О. В. Федоров. Спирально-молибдатный тип зоны окис-
ления 582



п 235609
~~225473/м~~

РЕПОЗИТОРИЙ Ф. СКОРИНЫ

месторождение по своим запасам, тем меньше будут удельные капитальные затраты.

В виде примера можно сослаться на месторождения, геологический разрез которого иллюстрирует рис. 1. Значительная обводненность горизонтов, расположенных выше и ниже рудоносного пласта, высокие статические напоры и особенно приуроченность рудных залежей к водообильному горизонту создают весьма сложные условия обработки месторождения обычными методами. Они определяют необходимость проведения работ по предварительному водопонижению и осушению рудовмещающего горизонта и снятию напоров горизонтов, расположенных выше и ниже рудовмещающего. Вместе с тем указанные условия создают весьма благоприятную обстановку для обработки месторождения подземным выщелачиванием. Ввиду этого необходимо всячески избегать осушения и даже частично водопонижения на месторождении или отдельных участках, которые можно обрабатывать этим методом.

Экономические расчеты показали, что капитальные затраты на освоение такого месторождения классическим горным способом будут по крайней мере в два раза выше, чем при обработке его методом подземного выщелачивания. Себестоимость конечного продукта при подземном выщелачивании будет, как минимум, в два раза ниже, чем при шахтном способе. Это подтверждается отчетными данными с действующих объектов.

В Советском Союзе насчитывается значительное количество обводненных месторожде-

ний урана осадочного типа, обработка которых обычными горными методами нерентабельна. Внедрение метода подземного выщелачивания при обработке этих месторождений высвободило бы большие капиталовложения и тем самым заметно снизило бы сложившуюся в стране себестоимость урана. В настоящее время на нескольких месторождениях Советского Союза ведутся экспериментальные работы по освоению метода подземного выщелачивания.

Широкое применение метода подземного выщелачивания урана послужило бы стимулом для геологов к доразведке многих открытых месторождений урана, которая в настоящее время законсервирована из-за отсутствия рентабельных способов обработки.

Поступила в Редакцию 14/XII 1967 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Вуд. В кн. «Материалы Международной конференции по мирному использованию атомной энергии (Женева, 1955)». Т. 6. М., Гостехиздат, 1958, стр. 365.
2. Р. Шоу. Там же, стр. 397.
3. У. Вудманси. В кн. «Труды Второй международной конференции по мирному использованию атомной энергии (Женева, 1958)». Т. 8. М., Атомиздат, 1959, стр. 100.
4. Патенты США. К. В. Ливингстон. «Метод разработки руд выщелачиванием на месте их залегания», № 2, 818, 240, 31/XII 1957 г.; Д. Р. Менке. «Метод извлечения урана из залежи», № 2, 896, 930, 28/VII 1959 г.; Д. И. Дью, В. Л. Мартин. «Обжиг и выщелачивание урановых руд на месте их залегания», № 2, 954218, 27/IX 1960 г.

Жильные твердые битумы в урановом месторождении

А. И. ЗУБОВ, Г. Н. КОТЕЛЬНИКОВ

УДК*549:553.9

В настоящее время твердые битумы установлены во многих жильных гидротермальных месторождениях урана. Однако изучены они очень мало. Характеризуемое ниже гидротермальное жильное месторождение урана необычно, так как главным жильным минералом в основном типе руд этого месторождения является твердый битум, что и обуславливает специфику геологических поисков этих руд.

Краткие сведения о геологии района и некоторые особенности поисков рудных тел с урансодержащими твердыми битумами

Месторождение урана с твердыми битумами располагается в осевой части меридионально

ориентированной складчатой области, формирование которой закончилось в альпийскую фазу тектогенеза.

Радиометрическими методами (гамма-поиски масштаба 1 : 25 000 и шпуровая съемка масштаба 1 : 2000 с использованием сцинтилляционных радиометров) и сравнительно небольшим числом горных выработок оконтурено крупное рудное поле, расположенное среди пород кристаллического фундамента, представленных нижнепалеозойскими метаморфизованными хлорит-серицитовыми, биотит-мусковит-кварц-полевошпатовыми и кварц-графитовыми сланцами, амфиболитами, массивными кварцитами и мраморами.

В виде останцов на породах метаморфического комплекса лежат мезозойские отложения, начинающиеся базальными конгломератами триаса. Выше по разрезу залегают песчаноглинистые, мергелистые и известковые породы триаса, юры и мела.

Магматические породы представлены серией линейно ориентированных даек гранитоидного состава и мелкими дайками лампрофиров. Кроме того, обнаружено несколько небольших тел ортогнейсов гранодиоритового состава. Все эти породы относятся к герцинскому магматическому циклу. За пределами рудного поля в 15 км к западу обнажается интрузивное тело нефелиновых сиенитов. Интрузив прорывает только породы древнего кристаллического комплекса и возраст его не ясен. В 25 км от рудного поля находится зона меридионального простирания, сложенная вулканогенными образованиями третичного возраста. В пределах рудного поля имеется большое число термальных и минерализованных источников.

На площади рудного поля выделяются три системы разрывных нарушений. Наиболее четкими являются нарушения северо-северо-западного простирания, совпадающие с общим простиранием кристаллических сланцев. Эти сланцы падают на восток под углами 10—40°, а нарушения имеют почти вертикальное падение. Вторая система крутопадающих нарушений с азимутом простирания 50—70°. Во многих случаях обе системы нарушений выполнены дайками гранитоидного состава. Третья система разрывных нарушений представлена тектоническими зонами и трещинами северо-восточного простирания с азимутом 20—40°. Кроме трех систем крутопадающих нарушений в пределах рудного поля отмечены полойные зоны срыва с углами падения 10—40°.

При поисках и оценке рудопроявлений и месторождений урана с твердыми битумами были установлены факторы, присущие этому типу оруденения и определяющие методику поисковых работ.

В пределах рудных тел и вблизи них отмечается сильный сдвиг радиоактивного равновесия в ряду уран — радий. При документации и опробовании горных выработок распределение радиоактивных элементов характеризуется следующим образом: до глубины 0,5 м фиксируется неактивный, промытый поверхностными водами слой современных отложений; 0,5—1 м — коэффициент радиоактивного равновесия составляет более 600%; 1—1,5 м — коэффициент 200—300%; 1,5—2 м — коэффи-

циент 100% (равновесные руды); на глубине свыше 2 м — коэффициент 30—60%. На более глубоких горизонтах руды либо равновесные (коэффициент 100%), либо отмечается сдвиг в сторону урана на 10—30%.

В горизонтальной плоскости по мере удаления от коренных выходов рудных тел в рудном делювии наблюдается закономерный сдвиг радиоактивного равновесия в сторону радия. На расстоянии 150—200 м от известных рудных тел фиксируются чисто радиевые аномалии, находящиеся, как правило, на глубине 0,2—0,5 м от поверхности.

Активность на поверхности над рудными телами обычно равна 50—70 мкр/ч и только в отдельных случаях достигает нескольких сот мкр/ч. Резкое возрастание активности наблюдается при снятии не менее чем 30—40 см слоя современных почв. Вторичные минералы урана встречаются крайне редко. В хорошо промываемых речных долинах, в верхних частях выходящих на поверхность рудных жил, активность не наблюдается.

При большой расчлененности района, его плохой обнаженности и сильной залесенности, при локальных размерах аномальных участков и слабой интенсивности γ -излучения на выходах применение аэро-гамма-съемки совершенно неэффективно и наилучшие результаты получаются при наземных крупномасштабных гамма-поисках и шпуровой съемке (или съемке в закопках).

Типы руд и их минеральный состав

Как уже указывалось, по данным радиометрической съемки и небольшого числа горных выработок устанавливаются контуры крупной трещинной зоны, в пределах которой размещаются рудные тела с настураном и твердыми битумами. На месторождении имеется два типа руд. Руды первого типа связаны с крутопадающими трещинами северо-северо-западного простирания, совпадающего с простиранием вмещающих метаморфических пород. Рудные тела приурочены к прослоям карбонатизированного сланца среди брекчированных кварцитов. При формировании руд основными, по-видимому, были процессы метасоматоза: слюдяные компоненты сланцев (серицит, мусковит и хлорит) почти полностью замещаются настураном, который переполнен остатками чешуек этих минералов (рис. 1). Таким образом, прослой слюдяного сланца представляет собой богатую руду, состоящую в основном из настурана (в даль-



Рис. 1. Настуран I (белый) с остатками (серые пластичатые выделения) мусковита, серицита и хлорита. Черное — карбонат и кварц. Полированный шлиф ($\times 600$).

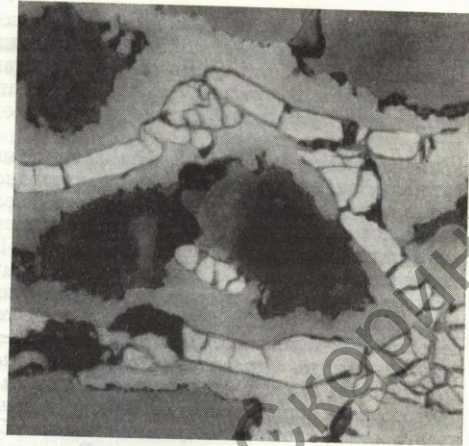


Рис. 3. Тонкие (около 0,01 мм) прожилки настурана II (серовато-белые), заключенные в антраколит (серое), который лишь слегка (начальная стадия) расчленяет прожилки настурана на отдельные участки — обломки. Темно-серое — карбонат и кварц. Черное — дефект полировки. Полированный шлиф ($\times 500$).



Рис. 2. Жилки антраколита (серые), секции настурана I; в них хорошо видны трещины усадки. Черное — дефект полировки. Полированный шлиф ($\times 120$).

нейшем названного настураном I). Оруденелый слюдяной сланец пересекается тонкими

(до 1 мм) жилками твердого битума (рис. 2), содержащего у краев жилок многочисленные включения настурана с реликтами слюд. В этих секущих жилках твердого битума с включениями настурана I наблюдаются и более тонкие прожилки настурана без остатков слюд (в дальнейшем называемого настураном II).

Прожилки настурана II расчленены битумом, по-видимому, находившимся в вязко-жидком состоянии, на участки — своеобразные обломки, не претерпевшие вращения, но растянутые в большей или меньшей степени вдоль прожилков, что и позволяет реконструировать первичное залегание прожилков настурана. Тончайшие жилки твердого битума обнаруживаются под микроскопом и в контактирующем со слюдяными сланцами брекчированном кварците, сцементированном анкеритом. Здесь также установлены микронные прожилки настурана II, лишь слегка расчлененные (начальная стадия) битумом на своеобразные обломки (рис. 3).

В тех случаях, когда прожилки, сложенные настураном II и твердыми битумами, пересекаются жилками железистого карбоната, в последнем отчетливо наблюдаются более темные (бурые) тонкие ореолы, сложенные, по-видимому, гидроокислами железа и возникшие

в результате облучения железистого карбоната [1].

Основные рудные тела сложены рудами второго типа. Они размещаются в северо-восточных трещинных зонах (третья система трещин), представляющих собой брекчированные метаморфические сланцы, сцементированные железистым карбонатом — анкеритом. К этим зонам приурочены скопления твердых битумов в виде жил и линз мощностью до 0,6 м, непрерывно прослеженных на десятки метров. Общая мощность зоны дробления с жилами и линзами твердых битумов достигает на глубине 60 м от поверхности 15—25 м. В пределах этой зоны твердые битумы составляют 10—15%.

Следует подчеркнуть, что, несмотря на значительное содержание урана в твердом битуме, макроскопические в черной массе рудных штуфов выделения настурана не видны. Только с помощью радиометра, микроскопа и радиографий можно установить, что это — богатые урановые руды. На радиографиях приполированных штуфов руд кроме прожилков настурана II устанавливаются сложнопостроенные почковидные агрегаты настурана, состоящие из мелких сферолитов, расчлененных, как и прожилки, битумом, по центрам роста и радиальным направлениям, отражающим первичное строение сферолитов, на отдельные секторы — своеобразные обломки. Участок одного из таких расчлененных на обломки сферолитов настурана представлен на микрофотографии (рис. 4).

Следует отметить, что центральные части почек настурана более насыщены битумом, обломки в них мелкие и растянуты на большие расстояния друг от друга, чем в периферических частях. Поэтому на радиографиях, представляющих поперечный срез бывших почковидных агрегатов настурана, центральные части почек (при определенной глубине среза) засвечивают пластинку менее интенсивно, чем периферические. По границам расчлененных на обломки и растянутых почек настурана, а также в центральные части почек проникали более поздние растворы, отложившие карбонат и сульфиды (на радиографиях эти участки черные).

Влияние вязко-жидкого битума на расчленение почек настурана II на обломки и растягивание этих обломков по элементам внутреннего строения почек хорошо видно на микрофотографии участка полированного шлифа твердого битума, сделанной при скрещенных николях (рис. 5); явления анизотропии в твердом



Рис. 4. Часть сферолита настурана II, расчлененного антрацитом на обломки, растянутые (без вращения) по радиальным первичным направлениям сферолита. Черное — дефект полировки. Полированный шлиф ($\times 200$).



Рис. 5. Почковидный микроагрегат настурана II, расчлененный антрацитом на растянутые обломки. Между почками настурана (размер их не более 1 мкм) имеется кайма антрацита почти без обломков настурана. Антрацит резко анизотропен. Полированный шлиф, николи + ($\times 100$).

битуме исключительно четко вскрывают элементы внутреннего строения микропочек насту-

рана, расчлененных на обломки. Между растянутыми микропочками (размер их не более 1 мм) имеется кайма анизотропного твердого битума, но почти без обломков настурана. Этот твердый битум, несомненно, относится к той же разновидности, которая пропитывает сами почки. Вероятно, расчленение агрегатов настурана II было вызвано давлением раствора, из которого выпадал твердый битум, что обусловило вследствие хрупкости настурана и особенностей внутреннего строения его почковидных агрегатов появление своеобразных обломков, претерпевших ничтожное перемещение.

Настуран II в обломках агрегатов, заключенных в твердом битуме, характеризуется параметром кристаллической решетки $a_0 = 5,38 \div 5,41 \text{ \AA}$ (восемь определений).

Описанный твердый битум представлен сильно анизотропной разностью (см. рис. 5). В проходящем свете с краев слегка просвечивается красновато-бурым цветом. В тонких жилах твердого битума, пересекающих настуран I, хорошо видны поперечные трещины усыхания (см. рис. 2).

По данным химического анализа типичного твердого битума (см. таблицу) соотношение углерода и водорода в нем (С/Н) составляет около 30. Ни в каких органических растворителях твердый битум практически не растворяется. На основании приведенных данных твердый битум в соответствии со схемой классификации В. А. Успенского и др. [2] может быть отнесен к антракосолитам.

Результаты химического анализа твердого битума (вес.%) *

Компоненты	Исходная проба	Обеззолённая проба	Органическое вещество
Влага	3,92	7,53	—
Зола	44,20	0,59	—
Сера общ.	0,82	0,94	—
Сера сульфидн.	0,42	0,23	—
Сера орг.	—	0,71	0,77
Углерод	44,55	77,67	84,53
Водород	1,81	2,55	2,78
Азот + кислород	—	—	11,92
Газ	—	11,60	12,6
Вода	—	13,3	6,1
Деготь	Нет	Нет	Нет
Кокс	—	75,08	81,1

* Анализы выполнены в лаборатории Всесоюзного института минерального сырья под руководством В. А. Успенского.

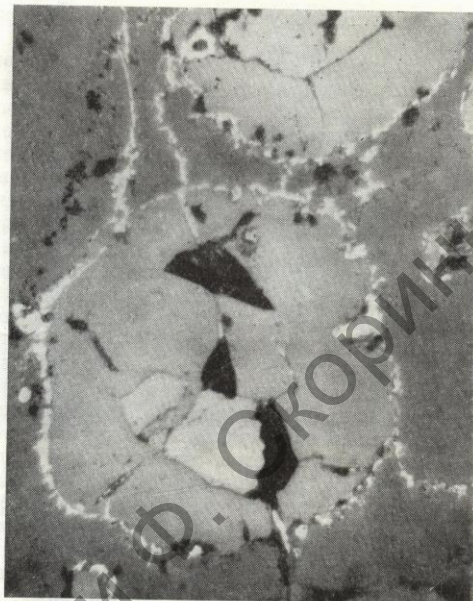


Рис. 6. Капли антракосолита с обломками настурана II в кварците. Белое — пирротин и халькопирит. Черное — дефекты полировки. Полированный шлиф ($\times 200$).

На месторождении почти нет жил и линз твердых битумов без настурана II. Даже отдельные, различимые лишь под микроскопом «капли» твердого битума содержат обломки агрегатов настурана (рис. 6). Лишь тщательное изучение образцов под микроскопом позволило установить наличие тончайших редких линз твердого битума, лишенного обломков агрегатов настурана II. Этот твердый битум заполняет промежутки между скоплениями твердого битума, насыщенного обломками агрегатов настурана II; отражательная способность его меньше, он изотропен. Выделить и проанализировать эту разность твердого битума не удалось. Условно он отнесен к керитам.

Из сульфидов, выпадавших близко по времени с настураном и твердым битумом, нами установлен только галенит в виде редких, различимых простым глазом зерен. Основная масса сульфидов, представленных пиритом, халькопиритом, галенитом (редко), сфалеритом и пирротинном вместе с белым карбонатом (доломитом), слагает пострудные прожилки.

О более позднем по сравнению с настураном II и твердым битумом образовании сульфидов свидетельствуют, в частности, тончайшие их каемки вокруг «капель» твердого битума (см. рис. 6). В этих прожилках установлены пылевидные выделения никелина (видимые лишь при больших увеличениях в иммерсии), обросшие каймой диарсенидов. Последние определены на основании их цвета (белые в отраженном свете), анизотропности, совместного нахождения с никелином и данных спектрального анализа руд (повышенные содержания мышьяка, никеля и кобальта).

Выводы

1. В результате проведенных исследований была установлена следующая последовательность формирования месторождения. В предрудную стадию закладывались зоны разломов северо-северо-западного и северо-восточного простирания, по которым поступали растворы, вызвавшие интенсивную карбонатизацию пород в зонах трещиноватости; в рудную стадию в северо-северо-западных зонах разломов формировались руды первого типа, образовавшиеся путем метасоматоза и сложенные преимущественно настураном I, а в северо-восточных зонах трещиноватости руды — второго типа, представленные антраксолитом и настураном II. Для руд этого типа, видимо, наиболее характерны процессы заполнения открытых полостей. В пострудную стадию трещины, примерно перпендикулярные рудовмещающим, заполнились карбонатом (доломитом) и сульфидами с ничтожно малым количеством никелина и диарсенидов никеля и кобальта. Пострудные процессы проявились слабо и не привели к разубоживанию уранового оруденения.

2. Описываемое урановое месторождение с твердыми битумами является типично жильным гидротермальным образованием, формирование которого обусловлено пульсирующим поступлением по трещинам эндогенных растворов. Твердые битумы (антраксолит, керит), как и обычные жильные минералы (например, карбонаты), заполняют трещинные полости. Аналогичные наблюдения сделаны В. Г. Мелковым, А. М. Сергеевой и А. А. Горшковым, изучавшими жильное гидротермальное месторождение урана в другом районе. Формирование твердых битумов происходило после отложе-

ния настуранов I и II, видимо, близко по времени к моменту образования настурана II. Твердые битумы, формировавшиеся из эндогенных растворов, в начальные моменты, вероятно, проходили фазу пластического состояния. Однако для суждения о процессах, приведших к формированию твердых битумов в их современном виде (высокополимеризованные анизотропные антраксолиты), собранных материалов недостаточно.

Следует отметить, что наряду с описанными твердыми битумами нафтоидной природы, участвующими вместе с другими минералами в образовании эндогенных гидротермальных месторождений, существуют урансодержащие твердые битумы, образующиеся из нафтидов в экзогенных условиях [3].

3. Расчленение антраксолитом прожилков и почковидных агрегатов настурана обусловлено механическим воздействием и сопровождалось незначительным перемещением образовавшихся обломков агрегатов настурана.

В работах [4, 5] отмечены явления метасоматического замещения настурана вязко-жидким битумом, превратившимся в дальнейшем в антраксолит. В процессе метасоматического замещения настурана формировался коффинит в виде густой дисперсной вкрашенности в антраксолите. Нами эти явления не наблюдались.

4. При поисках месторождений урана с твердыми битумами необходимо учитывать факт смещения равновесия в сторону урана в коренных выходах руд и сильное смещение равновесия в сторону радия в делювиальном слое рудных свалов, а также наличие на поверхности совершенно неактивного слоя мощностью 0,25—0,5 м.

Поступила в Редакцию 18/III 1965 г.
В окончательной редакции 29/I 1968 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. С. Карпенко. В сб. Вопросы прикладной радиогеологии. М., Госатомиздат, 1963, стр. 157.
2. В. А. Успенский и др. «Тр. Всес. н.-и. геол.-развед. нефт. ин-та». Вып. 185. Л., 1961.
3. А. И. Зубов. «Геология рудных месторождений», № 5, 6 (1960).
4. Ю. М. Дымков. В сб. «Вопросы прикладной радиогеологии». М., Госатомиздат, 1963, стр. 128.
5. Б. В. Бродин, Ю. М. Дымков. «Атомная энергия», 16, 432 (1964).