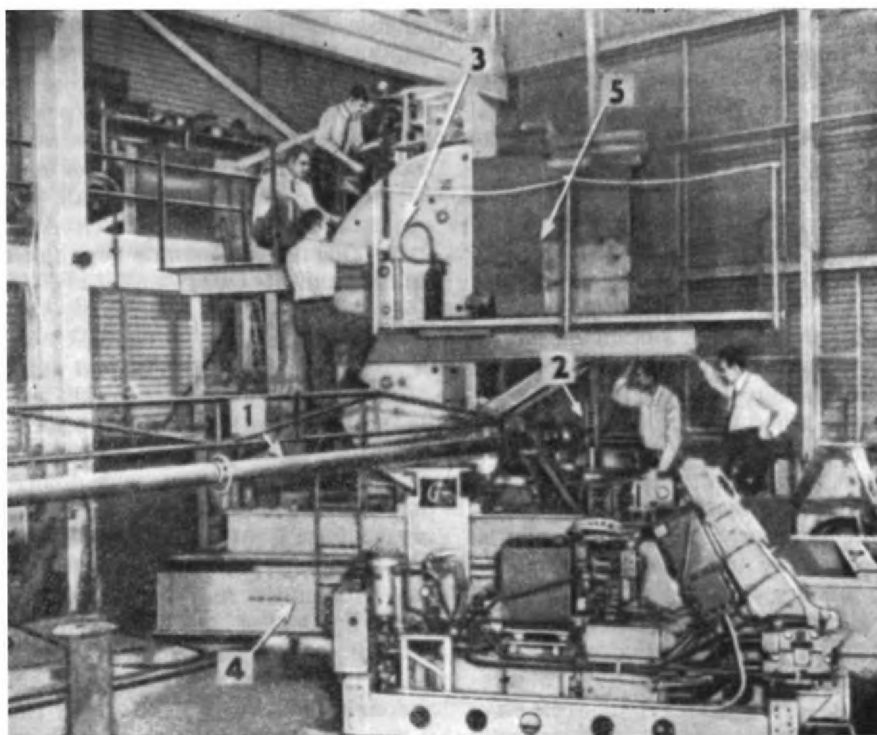

НОВОСТИ ЗАРУБЕЖНОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ

ИЗУЧЕНИЕ СТРОЕНИЯ ЯДРА ПО РАССЕЯНИЮ ЭЛЕКТРОНОВ*)

Рассеяние электронов высокой энергии на ядрах позволяет получить данные о распределении заряда в ядре и о размерах протона.

верситете (США). Пучок электронов с энергией 550 Мэв от линейного ускорителя длиной 67 м, не показанного на рисунке, по тру-



На рисунке изображена установка для исследования рассеяния электронов на ядрах, сконструированная в Стенфордском уни-

верситете (США). Пучок электронов с энергией 550 Мэв попадает на мишень 2 из исследуемого вещества и, пройдя через нее, уходит за защитную стену. Угловое распределение электронов, рассеянных на большие углы, изучается при помощи 55-тонного магнитного

*) Aviation Week 64, № 2 (1956).

спектрометра 3, который на платформе 4 может вращаться вокруг мишени. Регистрирующим устройством в спектрометре служит сцинтилляционный счетчик, расположенный за свинцовой защитой 5.

Одним из первых результатов работы является подтверждение гипотезы о том, что плотность ядерного вещества убывает к поверхности ядра.

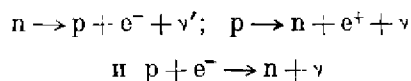
Б. Р.

НЕЙТРИНО И АНТИНЕЙТРИНО

Гипотеза о существовании нейтральной частицы — нейтрино, вылетающей вместе с электроном при β -распаде ядер, была предложена Паули, для того чтобы устранить кажущееся противоречие с законами сохранения энергии и момента количества движения, которое наблюдалось в процессе β -распада. Попыткам экспериментального наблюдения этой частицы посвящено большое число работ. Косвенным доказательством существования нейтрино служили опыты по измерению импульсов ядер отдачи и электронов при радиоактивном распаде. Повидимому, зарегистрирован процесс взаимодействия нейтрино с ядром — обратный β -распад. К настоящему времени сделаны оценки верхних значений массы покоя нейтрино ($< \frac{1}{2000}$ массы электрона) [1] и его магнитного момента ($< 10^{-7}$ магнетона Бора) [2].

Спин нейтрино равен $1/2$ и эта частица может описываться уравнением Дирака, в котором $e = m = 0$. Из такого описания следует существование антинейтрино, аналогично случаю электрон — позитрон. С другой стороны, возможно описание нейтрино модифицированным уравнением, предложенным Майорана, которое не предполагает существования античастицы. Теория β -распада может быть сформулирована почти эквивалентно для обоих случаев, и имеющийся экспериментальный материал по β -распаду не дает возможности сделать выбор между ними.

В существующей теории β -распада принято, что при распаде ядра вместе с электроном излучается антинейтрино ($\bar{\nu}$), а вместе с позитроном — нейтрино (ν). В этом случае процессы β^- , β^+ -распадов и K -захвата можно записать:



соответственно. Кроме того, возможен про-

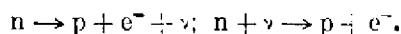
цесс $p + \bar{\nu} \rightarrow n + e^+$, который эквивалентен излучению нейтрино, но процессы



запрещены, если нейтрино и антинейтрино не тождественны. Это различие во взаимодействии ν и $\bar{\nu}$ с нуклонами дает возможность экспериментальной проверки имеющихся теорий.

Наиболее прямой, недавно выполненный опыт [3] состоял в попытке зарегистрировать распад Ag^{37} , появление которого можно было ожидать в результате реакции $\text{Cl}^{37}(\bar{\nu}, e^-)\text{Ag}^{37}$ при облучении хлора потоком антинейтрино, исходящим из реактора в результате β -распада осколков. Эта реакция могла протекать лишь в случае тождественности нейтрино и антинейтрино. Опыт дал отрицательный результат. Автор не нашел Ag^{37} в облученных образцах и оценил верхний предел сечения реакции $\text{Cl}^{37}(\bar{\nu}, e^-)\text{Ag}^{37}$, который оказался равным $2 \cdot 10^{-42} \frac{\text{см}^2}{\text{атом}}$.

Другой способ проверки тождества $\nu \equiv \bar{\nu}$ заключается в наблюдении двойного β -распада. Двойной β -распад представляет собой процесс одновременного вылета из ядра двух электронов (или двух позитронов), который либо сопровождается, либо не сопровождается вылетом двух нейтрино. Если нейтрино и антинейтрино не тождественны, то в двойном β -распаде излучаются четыре частицы: $2n \rightarrow 2p + 2e^- + 2\bar{\nu}$. В этом случае энергетический спектр электронов непрерывен и период полураспада составляет $\sim 10^{21}$ лет при энергии распада $\sim 2 \text{ Мэв}$ [4]. Если нейтрино и антинейтрино — тождественные частицы, то двойной β -распад можно рассматривать как двухступенчатый процесс, в котором нейтрино, испущенное одним нейтроном, поглощается другим:



При таком механизме распада из ядра вылетают лишь две частицы: $2p \rightarrow 2p + 2e^-$. В этом случае суммарная энергия двух электронов всегда постоянна и период полураспада равен $10^{13} - 10^{18}$ лет [4]. Двойной β -распад возможен для изобарных ядер, отличающихся по заряду на две единицы и по массе больше чем на $2mc^2$. В настоящее время исследовано более двадцати таких ядер. Большинство опытов сводилось к определению периодов полураспада.

В пределах экспериментальных погрешностей, активности, соответствующей двойному β -распаду, не было найдено. Приводятся лишь оценки нижних пределов периодов. Опубликованы результаты измерений для Sn^{124} ($T > 1,5 \cdot 10^{17}$ лет); Zr^{96} ($T > 2 \cdot 10^{16}$ лет) [5]; U^{238} ($T > 6 \cdot 10^{18}$ лет) [6]; Mo^{100} ($T > 3 \cdot 10^{17}$ лет); Cd^{116} ($T > 1 \cdot 10^{17}$ лет); Cd^{108} ($T > 6 \cdot 10^{16}$ лет); Mo^{92} ($T > 4 \cdot 10^{18}$ лет) [7]. Эти результаты можно примирить как с одной, так и с другой теорией, хотя они говорят скорее в пользу распада с вылетом четырех частиц. Было проведено исследование минералов, в состав которых входил Te^{130} [8]. Определялось содержание в них Xe^{130} , присутствие которого можно было объяснить двойным β -распадом Te^{130} . Сделанная в этой работе оценка периода полураспада Te^{130} дала величину $\sim 10^{21}$ лет. Найденный период нельзя приписать двойному β -распаду без вылета нейтрино, поскольку теоретическая оценка для этого случая меньше 10^{18} лет. С другой стороны, нельзя, по видимому, с уверенностью сказать, что в данном случае имел место двойной β -распад с вылетом четырех частиц, так как имеется сообщение, что присутствие в минералах Xe^{130} могло быть следствием обыкновенного β -распада.

В 1955 г. была опубликована работа Маккарти [9], в которой, помимо определения периода полураспада Ca^{48} , была сделана попытка измерить суммарную энергию двух электронов, излучаемых при распаде этого ядра.

Автором были зарегистрированы совпадения частиц, имеющих суммарную энергию около $4 M_{\text{эв}}$, что находилось в хорошем согласии с теоретической оценкой энергии двойного β -распада Ca^{48} . Найденный период полураспада равен $1,6 \cdot 10^{17}$ лет. Эта работа, если она не содержит экспериментальной ошибки, говорит в пользу существования двойного β -распада без излучения нейтрино. Однако недавно опубликовано сообщение [10] о работе, в которой, по существу, повторялся опыт Маккарти. С помощью двух сцинтилляционных счетчиков с 4π -геометрией регистрировалось излучение Ca^{48} и Zr^{96} . Измерения проводились в условиях с очень низким фоном. Эта работа не подтвердила результатов Маккарти. Сделанные в ней оценки нижних пределов периодов полураспада Ca^{48} и Zr^{96} равны $2 \cdot 10^{18}$ и $0,5 \cdot 10^{18}$ лет соответственно. Эти величины трудно совместить с представлением о двойном β -распаде как о процессе, происходящем без вылета нейтрино.

Таким образом, проведенные до настоящего времени исследования указывают, по видимому, на невозможность двойного β -распада без вылета нейтрино и позволяют сделать предварительное заключение, что нейтрино и антинейтрино не являются тождественными частицами. В. Р.

ЛИТЕРАТУРА

1. Langer and Moffat, Phys. Rev. 88, 689 (1952).
2. Cowan, Reines, Harrison, Phys. Rev. 96, 1294 (1954).
3. Davis, Phys. Rev. 97, 766 (1955).
4. Goepfert-Mayer, Phys. Rev. 48, 512 (1935); Primakoff, Phys. Rev. 85, 888 (1952); Слив Л. А., ЖЭТФ 20, 1035 (1950).
5. McCarthy, Phys. Rev. 90, 853 (1953).
6. Levine, Ghiorso, Seaborg, Phys. Rev. 77, 296 (1950).
7. Winter, Phys. Rev. 99, 88 (1955).
8. Inghram and Reynolds, Phys. Rev. 78, 822 (1950).
9. McCarthy, Phys. Rev. 97, 1234 (1955).
10. A wschalom M., Bull. Am. Phys. Soc. 1, № 1, 31 (1956).

ЦИКЛОТРОНЫ С ПЕРЕМЕННОЙ ЭНЕРГИЕЙ УСКОРЕННЫХ ИОНОВ

В циклотроне с фиксированной частотой можно получать большие токи (порядка нескольких миллиампер) ионов, ускоренных до значительных энергий. Поэтому цикло-

троны широко применяются для изучения ядерных реакций, получения радиоактивных изотопов, а также в качестве источников быстрых нейтронов. В настоящее время

с циклотронами начали конкурировать электростатические генераторы, линейные ускорители и ядерные реакторы. Однако циклотрон, если он удовлетворяет ряду специальных требований, все еще представляет значительный интерес для физиков. В последнее время циклотрон нашел применение как импульсный источник нейтронов для опытов, основанных на измерении времени пролета.

Одно из основных требований, предъявляемых к современному циклотрону—это возможность плавного (или небольшими скачками) изменения энергии ускоренных ионов. На Женевской конференции по мирному использованию атомной энергии в одном из докладов делегации США [1] сообщалось о двух циклотронах с переменной энергией ионов, предназначенных для измерения сечений на быстрых нейтронах. Один из циклотронов, диаметр полюсов магнита которого равен 230 см, сооружен в Ливерморской лаборатории, второй циклотрон (диаметр полюсов 107 см)—в Лос-Аламосской лаборатории.

Ливерморский циклотрон предназначен для получения моноэнергетических нейтронов с энергиями от 2 до 30 Мэв в реакциях $T(p,n)$, $D(d,n)$ и $H(t,n)$. В этом циклотроне протоны могут быть ускорены до энергий от 2,6 до 14 Мэв, дейтоны от 5,2 до 12,5 Мэв и тритоны от 7,7 до 18,3 Мэв. Для ускорения ионов до таких энергий частоту электрического поля дуантов необходимо изменять в пределах 4,0—9,3 мГц, а напряженность магнитного поля от 2600 до 8600 эрстед.

Лос-Аламосский циклотрон предназначен для ускорения протонов от 3,5 до 9 Мэв, дейтонов от 7 до 17,5 Мэв и тритонов от 10,5 до 12 Мэв. Диапазон изменения частоты электрического поля 8,6—14 мГц. Напряженность магнитного поля изменяется от 5600 до 18 000 эрстед.

В обоих циклотронах напряженность магнитного поля при переходе от минимальной энергии к максимальной увеличивается более чем в 3 раза.

В Ливерморском циклотроне, вследствие большого диаметра полюсов магнита, максимальная напряженность поля оказывается не очень большой (не превышает 9000 эрстед), а форма кривой спада поля во всем диапазоне его изменения мало

меняется, так как эффект насыщения полюсов магнита и крышек камеры циклотрона оказывается незначительным. Небольшие изменения неоднородности магнитного поля (порядка 0,2%) компенсируются полем вспомогательных катушек, расположенных на полюсах магнита. Полный спад поля к конечным орбитам 1%. Вследствие малого диаметра магнита Лос-Аламосского циклотрона максимальная напряженность поля в нем доходит до 18 000 эрстед, т. е. оказывается в области, где резко выражен эффект насыщения. Поэтому в диапазоне полей от 5600 до 18 000 эрстед оказывается невозможным обеспечить постоянство спада поля только путем выбора подходящей формы полюсов и шиммов. В Лос-Аламосском циклотроне форма полюсов и шиммов подбирается таким образом, чтобы получить желаемый спад только в области средних значений напряженности магнитного поля. При больших и малых значениях поля требуемая форма спада обеспечивается с помощью пары корректирующих катушек, расположенных внутри вакуумной камеры. Катушки позволяют увеличивать и уменьшать напряженность поля на больших расстояниях от центра магнита. Катушки, состоящие из 5 витков каждая, смонтированы на крышках камеры на расстоянии 45 см от ее центра. Максимальный ток в катушках ± 500 а. Полный спад поля в циклотроне принят в 3,5% для всех значений напряженности магнитного поля.

Ливерморский и Лос-Аламосский циклотроны отличаются также и способом изменения частоты электрического поля дуантов. В Ливерморском циклотроне весь диапазон частот перекрывается ступенями по 55 кГц (набором из ста кристаллов кварца), вследствие чего соответствующими ступенями изменяется и энергия ионов. Емкость дуантов плавно регулируется в широких пределах перемещением заземленных панелей. Генератор напряжения высокой частоты состоит из задающего генератора и усилителя мощности. В Лос-Аламосском циклотроне источником высокочастотного напряжения является генератор с самовозбуждением. В нем возможно плавное изменение частоты генератора, а следовательно, и энергии ускоренных ионов.

Оба циклотрона полностью еще не введены в эксплуатацию. В настоящее время

проводятся испытания системы выпуска ионного пучка. В Рочестерском университете действует 60-сантиметровый циклотрон с переменной энергией ионов [1], [2]. На этом циклотроне протоны могут ускоряться до энергий от 1,5 до 8 *Мэв*, а α -частицы и дейтоны до 9 и 4,5 *Мэв* соответственно. Ток протонов на выходе из анализирующего устройства составляет несколько десятков микроампер.

Н. Ф.

ЛИТЕРАТУРА

1. Торнтон, Бойер, Питерсон, Циклотроны, предназначенные для точного измерения сечений на быстрых нейтронах. Доклад № 584 на Международной конференции по мирному использованию атомной энергии, Женева, 1955 г.
2. Fulbright, Bromley and Bruner, Phys. Rev. 99, № 2, 654 (1955).

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАЛОГАБАРИТНОГО ПРОТОННОГО СИНХРОТРОНА НА ЭНЕРГИЮ 10 *БэВ*

Представляет интерес описание проекта протонного синхротрона нового типа, который, по сообщению *) австралийского физика М. Л. Олифанта, «должен быть построен в Канберре (Австралия) в течение трех лет» и который «будет ускорять протоны до энергий свыше 10 *Бэв* при относительно малых размерах и стоимости установки». Уменьшение размеров установки достигается применением магнита без железного сердечника, а также возможностью создания в таком магните очень высокой напряженности магнитного поля. Однородное магнитное поле образуется внутри тороидальной вакуумной камеры с помощью двух систем проводников, по которым пропускаются большие токи в противоположных направлениях. Диаметр тора равен 9 м, диаметр камеры 22 см. Максимальная индукция магнитного поля достигает 80 000 гаусс, для получения которой необходимо по обмотке пропускать ток силой до 1,5 млн. а.

Для получения таких значений токов предлагается применить униполярный генератор, представляющий собой систему металлических дисков, вращающихся в постоянном магнитном поле. Между центром каждого диска и его периферией создается разность потенциалов, под действием которой в контуре, образуемом дисками и обмоткой, возникают затухающие колебания, приводящие к перекачке кинетической энергии диска в энергию электромагнитного поля и обратно.

Для изучения характеристик униполярного генератора была сделана модель. Диск из нержавеющей стали диаметром 60 см вращался со скоростью 6000 об/мин в поле с индукцией 18 000 гаусс. Были достигнуты токи силой в 140 000 а.

В стадии конструирования находится генератор больших размеров с четырьмя дисками диаметром около 3,5 м и весом по 20 т каждый. Приведение во вращение дисков будет осуществляться в режиме униполярного двигателя, т. е. путем пропускания постоянного тока (до 3000 а) через диски. Рабочее число оборотов дисков—900 об/мин—будет достигаться за 10 минут. Этим временем будет определяться частота повторения импульсов ускорителя.

Предварительное ускорение протонов до энергии 8 *Мэв* будет производиться в циклотроне с диаметром полюсов 65 см. Ускоряющая система синхротрона будет представлять собой тороидальный трансформатор с железным сердечником, аналогичный примененному на Брукхэйвенском космотроне. Частота ускоряющего высокочастотного поля в течение одного цикла ускорения изменяется в восемь раз.

Предполагают, что стоимость установки будет сравнима со стоимостью синхроциклотронов, ускоряющих протоны до энергий менее 1 *Бэв*. Такое удешевление стало возможным благодаря резкому уменьшению частоты повторения импульсов. Предложение не прошло еще стадии опытной проверки.

П. К.

*) Proc. Roy. Soc. 234, № 1199, 441 (1956).

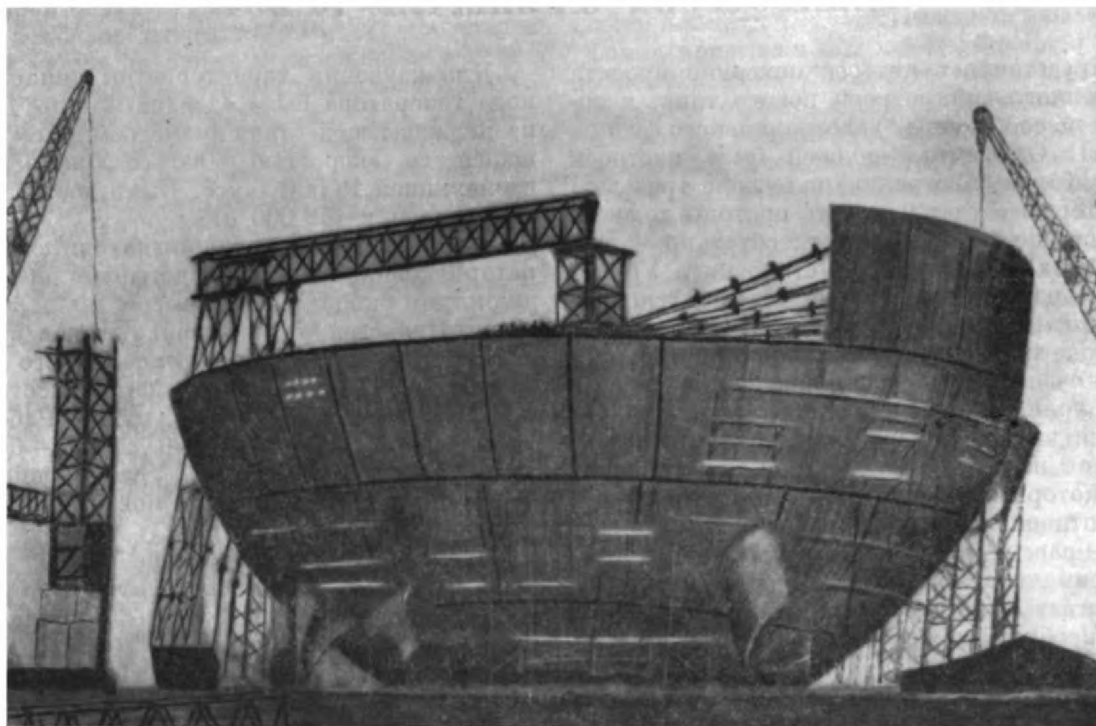
СТРОИТЕЛЬСТВО ВТОРОЙ АНГЛИЙСКОЙ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Программа строительства в Англии атомных электростанций для получения промышленной электроэнергии базируется на двух основных типах ядерных реакторов: на реакторах на тепловых нейтронах с графитовым замедлителем и газовым теплоносителем и на реакторах на быстрых нейтронах.

В первой английской атомной электростанции (строится в Колдер-Холле) электрической мощностью 92 *мгвт* (с последующим

Вторая английская атомная электростанция с реактором на быстрых нейтронах строится Управлением по атомной энергии Соединенного Королевства в Даунри на северном побережье Шотландии. Строительство ее было начато в марте 1955 г.

Эта станция является по существу экспериментальной, поэтому она проектировалась с расчетом на то, чтобы в ходе строительства и монтажа можно было заменять отдельные детали.



Строительство сферы для второй английской атомной электростанции.

расширением до 184 *мгвт*), которую предполагается ввести в строй в конце 1956 г., используется реактор с графитовым замедлителем и газовым теплоносителем *). До 1965 г. намечено построить несколько атомных электростанций такого типа общей мощностью 1200—1400 *мгвт*.

*) См. «Атомная энергия», № 1, стр. 106.

Проектная тепловая мощность реактора в Даунри 60 *мгвт*. Сведений об электрической мощности пока еще нет, однако можно предполагать, что она будет порядка 20 *мгвт*.

Для безопасности реактор будет заключен в стальную сферу диаметром 41,2 м и толщиной стенки около 2,5 см. Сфера рассчитана на внутреннее давление 1,3 *атм*, которое может возникнуть в случае полного

прекращения теплоотвода из установки, что в свою очередь может привести к испарению натрия (используемого в качестве теплоносителя) и сгоранию его паров.

В настоящее время производится монтаж сферы. Качество сварки проверяется радиографическим методом. Уже проверено более 1500 м сварных швов.

Общая стоимость станции оценивается в несколько миллионов фунтов стерлингов. Ожидается, что стоимость электроэнергии составит примерно 1 пенс за кВт-ч.

Для накопления опыта в эксплуатации Управление по атомной энергии строит небольшую модель реактора, сооружаемого

в Даунри. На этой модели намечено провести исследование процессов получения плутония, испытать различные теплоносители и специальные электромагнитные насосы.

Эксплуатация реактора в Даунри позволит сделать выводы об особенностях применения реакторов на быстрых нейтронах для получения электроэнергии в промышленном масштабе.

И. С.

ЛИТЕРАТУРА

1. Engineering 200, № 5197, 330 (1955).
2. Electrical Review 158, № 1 (1956).
3. A Programme of Nuclear Power. Her Majesty's Stationary Office, London (1955).

ПЕРВАЯ КАНАДСКАЯ АТОМНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ

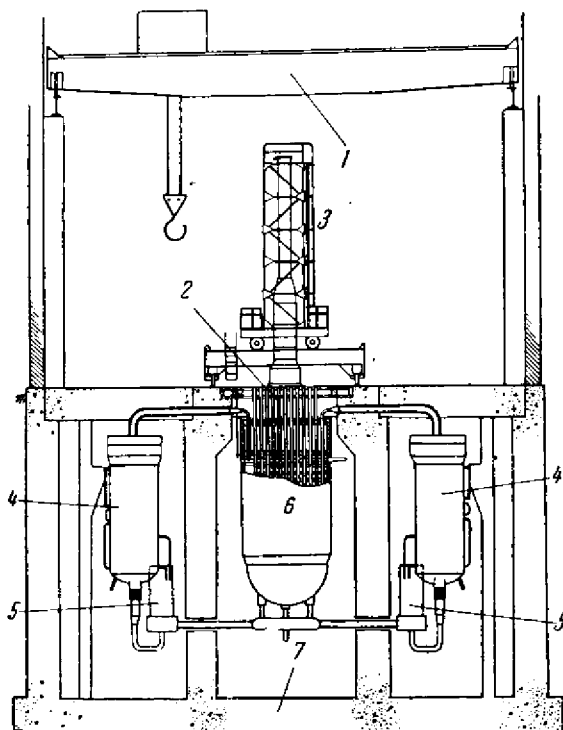
На Женевской конференции по мирному использованию атомной энергии канадская делегация сообщила о проекте опытного

строить в 150 милях северо-западнее Оттавы. Проектирование установки ведут компании «Атомик Энерджи Оф Канада Лимитед», «Канадиэн Дженерал Электрик Компани Лимитед» и «Онтарио Гидро».

При проектировании реактора было проведено изучение экономических характеристик более шестидесяти различных вариантов реакторов.

В результате был выбран вариант реактора со следующими характеристиками:

Мощность	7,5—20, мвт
Контейнер реактора	сосуд под давлением
Теплоноситель	тяжелая вода
Замедлитель	тяжелая вода
Средняя температура замедлителя	57° С
Отражатель	обычная вода
Толщина трубки теплоносителя	0,32 мм
Тепловыделяющие элементы	трубчатого типа
Толщина покрытия из пиркала	0,08 мм
Максимальный тепловой поток	$1,63 \cdot 10^6$ ккал/м ² /ч
Максимальная температура покрытий тепловыделяющих элементов	288° С
Температура первичного теплоносителя:	
на входе	254° С
на выходе	274° С
Пар	сухой, насыщенный, температурой 232° С и давлением 30 ат



Разрез канадского реактора NPD.

1—мостовой кран; 2—каналы для горючего; 3—манипулятор; 4—парогенератор; 5—насос для тяжелой воды; 6—реактор; 7—бетонная защита.

энергетического реактора (NPD) для атомной электростанции, которую намечено по-

строить на территории, занимаемой станцией, имеет три участка, на которых размещены реактор (с парогенераторами и насосами), перераба-

тывающий завод и турбогенераторы. Рядом с последними располагается трансформаторная.

Реактор помещается в котлован, который частично служит защитой для парогенераторов. Перегрузка реактора производится с помощью манипулятора. Активная зона заключена в цилиндрический сосуд с полусферическим дном. Верхнюю крышку образуют вваренные в стальные листы параллельные трубки, расположенные одна от другой на расстоянии шага решетки. Трубки проходят через защиту и наверху закрываются специальными пробками. Смена тепловыделяющих элементов, выполненных в виде стержней из естественного урана и покрытых циркалоем, производится при снятых пробках.

Тепловыделяющий элемент, расположенный внутри трубки из циркалон, предназначенной для протекания теплоносителя, помещается в алюминиевую трубу, за которой находится замедлитель. Пространство между трубкой из циркалон и алюминиевой трубой заполняется гелием, выполняющим роль тепловой изоляции между теплоносителем и замедлителем.

Активная зона окружена отражателем из обычной воды. Вода бокового отражателя находится в кольцевых алюминиевых трубках, нижнего—в алюминиевом баке. Сверху отражателя нет.

Тяжелая вода используется в реакторе в двух контурах: в контуре теплоносителя и контуре замедлителя. Теплоноситель из реактора поступает в парогенераторы, где отдает свое тепло, образуя сухой насыщенный пар. Замедлитель прокачивается через специальный теплообменник, где он охлаждается обычной водой. В случае остановки реактора остаточное тепло отводится естественной циркуляцией.

В реакторе NPD намечено отказаться от регулирующих стержней. Регулирование реактора будет производиться изменением количества замедлителя в системе.

Общая стоимость установки мощностью 20 *мвт* составит около 11 млн. долларов. По оценке канадских экономистов, стоимость электроэнергии будет приблизительно равна 0,7 *цента/квт-ч*.

Завершение строительства и пуск атомной электростанции намечены на 1958 г.

Одновременно со строительством этого реактора предполагается вести эскизные разработки проекта электростанции мощностью 100 *мвт*.

И. С.

ЛИТЕРАТУРА

1. Canadian Chemical Processing 39, № 10, 61 (1955). 10,61 (1955).
2. Engineering Journal 38, № 12, 1658 (1955).

ПРОЕКТ ФРАНЦУЗСКОЙ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

В начале января 1956 г. в Маркуле (департамент Гар) был пущен первый в стране реактор двойного назначения G-1. Пуск энергетической части реактора намечен на июль 1956 г. Реактор G-1 аналогично Брукхейвенскому реактору (США) имеет газовое охлаждение. В реактор загружается 100 *т* естественного урана, содержащегося в 2700 тепловыделяющих стержнях. Замедлителем служит графит (1200 *т*). Производительность реактора—около 13 кг плутония в год. Тепловая мощность реактора—40 *мвт*, электрическая мощность энергетической части—5 *мвт*. Невысокий к.п.д. теплового цикла объясняется относительно низкой температурой газового теплоносителя на выходе (—280°C). Реактор не рассматривается как атомная электростанция, поскольку мощность, расходуемая на собственные нужды (главным образом

на электропитание газодувки), составляет 8 *мвт*. Опыт, полученный при проектировании и эксплуатации этого реактора, будет использован для строительства в Маркуле двух более крупных реакторов такого же типа, предназначенных для первой французской атомной электростанции.

Проект атомной электростанции разрабатывался Комиссариатом по атомной энергии (в частности, его Управлением по изучению реакторов) совместно с отделом реакторного оборудования общества «Электрисите де Франс» и некоторыми промышленными фирмами (Эльзасское машиностроительное общество, общество Крезо, общество Рато и др.).

В каждом из двух реакторов атомной электростанции в качестве горючего используется 100 *т* естественного урана. Замедлителем служит графит, теплоносителем—угле-

кислый газ. В турбогенераторной части станции используется стандартное оборудование.

Проектная электрическая мощность атомной станции, работающей на двух реакторах, 40 000 *квт*, хотя максимальная электрическая мощность от каждого реактора около 30 000 *квт*. Кроме электроэнергии, два реактора электростанции будут производить около 100 *кг* плутония в год.

Пуск станции намечен на 1957 г.

В г. Канд, в месте слияния рек Луары

и Вьенны, будет построена вторая атомная электростанция, мощность которой значительно превысит мощность атомной электростанции в Маркуле. Строительство и эксплуатация новой электростанции поручены исследовательскому отделу общества «Электрисите де Франс».

И. С.

ЛИТЕРАТУРА

1. Economist № 5864, 146 (1956).
2. Machinery Lloyd 28, № 1A, 82 (1956).
3. Nucleonics 14, № 2, 15 (1956).

ВТОРАЯ АМЕРИКАНСКАЯ АТОМНАЯ ПОДВОДНАЯ ЛОДКА «МОРСКОЙ ВОЛК»

21 июля 1955 г. в Гротоне (шт. Коннектикут) спущена на воду вторая американская подводная лодка «Морской волк» с атомным двигателем. Строительство лодки осуществлялось фирмами «Электрик Боат Дивизион» и «Дженерал Дайнамикс Корпорейшн».

Длина лодки 97,5 *м*, диаметр 9,15 *м*, водоизмещение 3260 *т*. Подводная скорость лодки будет больше надводной. Источником энергии служит реактор на промежуточных нейтронах, построенный компанией «Дженерал Электрик». В качестве горючего в реакторе используется обогащенный уран. Замедлителем служит графит, теплоносителем — натрий. Прототип реактора был смонтирован и испытан в Вест Милтоне.

Комиссия по атомной энергии США заключила с фирмой «Комбасчи Инджиниринг» контракт на проектирование, строительство и широкие испытания реактора для неболь-

шой атомной подводной лодки. Фирма «Комбасчи Инджиниринг» является первой фирмой, которой поручены все работы по конструированию реактора.

В новой программе строительства подводных лодок в США предусмотрено строительство подводной лодки водоизмещением 4600 *т* с двумя атомными двигателями, позволяющими развивать скорость 30 узлов; кроме того, будут построены две подводные лодки с атомными двигателями типа установленных на «Морском волке» и «Наутилусе», а также три атомных подводных лодки водоизмещением 2300 *т* каждая.

И. С.

ЛИТЕРАТУРА

1. Engineer № 5216, 63 (1955); № 5218, 125 (1956).
2. Каталоги американских фирм, выпущенные к Женевской конференции по мирному использованию атомной энергии, 1955 г.

АТОМНЫЕ ДВИГАТЕЛИ ДЛЯ КОРАБЛЕЙ

Проблема создания атомных двигателей для транспортных установок более трудна, чем проблема создания стационарных атомных энергетических установок. Эти трудности связаны главным образом с ограничениями веса и размеров защиты реактора. Однако применение атомных двигателей для крупных кораблей связано с меньшими трудностями, поскольку размеры судов относительно велики.

Один из типов реактора, предназначенного для больших кораблей, предложен

английской фирмой Роллс Ройс. Реактор охлаждается жидким натрием. Для превращения ядерной энергии в электрическую используется замкнутый газотурбинный цикл. В качестве рабочего тела в цикле используется гелий, имеющий следующие преимущества перед воздухом: 1) пренебрежимо малое сечение захвата нейтронов и 2) более высокая теплопроводность.

Схема цикла представлена на рисунке. Гелий при температуре 21° С и давлении 15,4 *ата* поступает в компрессор низкого

давления, затем проходит через промежуточный холодильник, откуда попадает в компрессор высокого давления.

Сжатый до 42,5 *ата* при температуре 96° С гелий направляется во вторичный теплообменник. Температура гелия на выходе из теплообменника 662° С, давление 41,5 *ата*. Нагретый газ проходит последователь-

Одним из проектов этой фирмы является корабль «Атомик Маринер». В проекте использован корпус и корабельное оборудование грузового корабля типа «С4-1А Маринер». Силовая установка корабля состоит из турбогенераторной части обычного типа, применяемой на новейших грузовых судах, и ядерного реактора типа «PWR».

В реакторе используется обогащенный уран в виде тонких стержней, покрытых цирконием. Система отвода тепла состоит из двух контуров; в качестве теплоносителя и замедлителя используется вода под давлением.

Особое внимание было уделено защите реактора в всей установке в целом. Сведение веса защиты до минимума позволяет увеличить грузоподъемность корабля и делает установку более компактной.

Расчеты показали, что в настоящее время установка ядерного двигателя на корабле экономически невыгодна.

Однако можно надеяться, что в самом близком будущем можно будет получать энергию от ядерных двигателей по цене, сравнимой с ценой энергии от обычных двигателей.

И. С.

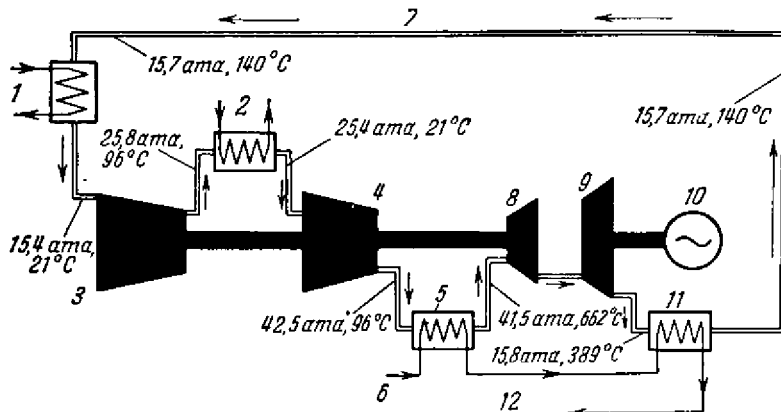


Схема цикла корабельной газотурбинной установки.

1—предварительное охлаждение газа; 2—промежуточное охлаждение газа; 3—компрессор низкого давления; 4—компрессор высокого давления; 5—вторичный теплообменник; 6—к первичному теплообменнику; 7—гелиевый контур газовой турбины с замкнутым циклом; 8—турбина компрессора; 9—турбина низкого давления; 10—нагрузка; 11—рекуператор; 12—первичный натриевый контур.

но через две турбины: турбину компрессора и турбину низкого давления, соединенную с валом винта. Мощность на валу 15 000 л. с.

Американская судостроительная фирма «Ньюпорт Ньюс Шипбилдинг энд Драй Док Компани» совместно с фирмой «Вестингауз Электрик Корпорейшн» начала работы по систематическому изучению возможности применения атомных двигателей для больших кораблей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Aeroplane № 2321, 49 (1956).
2. Engineer 201, № 5219, 180 (1956).
3. Каталоги американских фирм.
4. Engineering 108, № 4691, 859 (1955).

ПОЛУЗАВОДСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПЛУТОНИЯ*)

Опытная установка в Шатильоне (Франция), предназначенная для переработки облученных в реакторе тепловыделяющих элементов, построена в виде вертикально расположенных каскадов. Технологический процесс переработки сводится к следующему:

1. Облученные тепловыделяющие элементы, предварительно разрезанные на куски, в конусном сосуде подаются в бак для удаления оболочки. Алюминиевые оболочки обрабатываются концентрированным раствором едкого натра, оболочки из алюминомagneзиевого сплава—азотной кислотой на холоду.

*) Genié Chimique 74, № 5, 129 (1955).

2. Сосуд с содержимым переносится в другой бак, где уран растворяется в кипящей концентрированной азотной кислоте; выделяющиеся при этом пары окислов азота, а также радиоактивные газы (ксенон и криптон) пропускаются через охлаждающую колонку из колец Рашига.

Окись азота соединяется с кислородом и в присутствии воды образует азотную кислоту, а ксенон и криптон улавливаются в специальном устройстве.

3. Раствор уранилнитрата, содержащий плутоний и осколки деления, переливается в емкость, где в результате добавления кислоты и воды концентрация урана доводится до 400 г/л, а кислоты—1,8÷2,0 М.

4. Приготовленный раствор через дозирующие насосы направляется в группу экстракционных аппаратов, где обрабатывается органическим растворителем—трибутилфосфатом, разбавленным керосином, содержащим парафиновые углеводороды. В процессе этой операции извлекается более 99,5% урана и 99,5% плутония. В растворитель попадают лишь небольшие количества продуктов деления: около 0,2% β-активных и более 1% γ-активных осколков.

5. Экстрагированные растворителем уран и плутоний подвергаются реэкстракции. Плутоний—водным раствором восстановителя, уран—карбонатом натрия. В состав осадка уранилкарбонатного комплекса входит 1/5 часть γ-активных продуктов, содержащихся

в исходном растворе; плутоний и 4/5 активных продуктов остаются в воде, содержащей восстановитель.

После окончания этой операции растворитель возвращается в цикл.

6. Продукты деления, содержащиеся в разбавленном кислом растворе, подвергаются 50-кратной концентрации путем выпаривания и хранятся в баках из нержавеющей стали. Перед выпариванием остаточная кислотность раствора удаляется путем добавления формальдегида при нагревании.

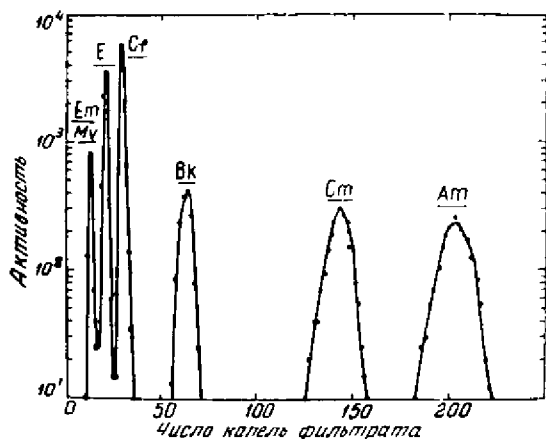
7. Водный раствор плутония, в целях концентрирования, обрабатывается едким натром и центрифугируется. При этом осаждается гидроокись плутония, которая затем растворяется малым объемом азотной кислоты. Путем трех последовательных осаждений концентрация плутония увеличивается в 30—40 раз. Потери плутония в маточных растворах составляют не менее 0,5%.

На опытной установке удается регенерировать 98% плутония, содержащегося в тепловыделяющих элементах. Окончательные операции по регенерации проводятся в лаборатории. Получаемый плутоний содержит не более 0,2% активных продуктов.

Контроль за работой установки осуществляется с помощью системы отбора проб, уровнемеров, манометров и т. д., наблюдения за которыми осуществляется через перископические устройства.

В. П.

НОВЫЙ АГЕНТ ДЛЯ ЭЛЮИРОВАНИЯ АКТИНИДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ*)



Новый элюант, α-гидроксиизобутират аммония, позволяет производить гораздо более полное разделение актиноидных элементов по сравнению с лактатом аммония. Типичная кривая элюирования актиноидов представлена на рисунке.

Улучшения при отделении элементов вполне очевидны.

В. П.

*) Journ. of Inorg. and Nuclear Chem. 2, № 1, 66 (1956).

Элюирование трехвалентных актиноидов из смолы Дауэкс-50 раствором α-гидроксиизобутирата аммония.

УРАНОНОСНЫЕ КОНГЛОМЕРАТЫ РАЙОНА БЛАЙНД-РИВЕР В КАНАДЕ

Вдоль северного побережья озера Гурон на большой площади, от г. Солт-Сент-Мэри до Садбери, распространены докембрийские золотоносные конгломераты. В 1953 г. в них было установлено наличие промышленных урановых руд. Исключительно благоприятная экономика района (наличие железнодорожного и автомобильного путей, близость крупных промышленных и культурных центров и др.) вызвала большой приток проспекторов и геолого-разведочных партий различных компаний и быстрое освоение района. Сейчас он рассматривается как один из наиболее перспективных ураноносных районов Канады.

Ураноносные конгломераты входят в состав формации Миссисаги нижнепротерозойского возраста, несогласно залегающей на архейском кристаллическом основании. Формация Миссисаги сложена в основном аркозами и отдельными пластами аргиллитов и конгломератов. Среди конгломератов выделяются две разновидности: валунные и галечные. Носителями уранового оруденения являются галечные конгломераты, состоящие из хорошо окатанной гальки кварца диаметром 3—5 см и цемента из кварца, серицита и биотита. Ураноносные пласты приурочены к низам формации.

Состав урановой руды весьма сложен и несколько необычен—главным минералом урана является браннерит, встречаются также уранинит, настуран, тухолит, монацит, гематит; в небольших количествах встречается циркон, рутил, магнетит, галенит, халькопирит, пирротин и кобальтин; широко распространен пирит [3].

Рудоносные пласты имеют пологое падение, их мощность 3—5 м. Среднее содержание окиси урана определяется в 0,10—0,14%. Длина отдельных рудных тел составляет от одного до двух километров, они прослежены бурением по падению до 3 км. Выявлено несколько месторождений, наиболее обещающими из которых являются Пронто, Пич, Квирк-Лейк, Эллот-Лейк и Норвдик-Лейк, расположенные близ г. Алгома.

Сложный состав руд вызвал большие трудности в технологии их обработки. Однако

в настоящее время уже имеется несколько (хотя и достаточно сложных) методов, в частности метод выщелачивания при нагреве под давлением, метод сухой экстракции по принципу расслаивания, ультразвуковой метод и др.

Разведанные запасы кондиционных руд, подсчитанные для района Алгомы [5], составляют 30—50 млн. *т* руды, т. е. 30—50 тыс. *т* урана, а общая стоимость запасов урана в Блайнд-Ривер оценивается в 3 млрд. долларов [1]. Открытие урановых месторождений Блайнд-Ривер сопровождалось большой шумихой и появлением явно завышенных оценок, диктуемых чисто спекулятивными соображениями [2]. Все же крупное промышленное значение месторождений вряд ли может вызвать сомнение.

Ураноносные конгломераты Блайнд-Ривер в Канаде и Витватерс-Ранд в Южной Африке во многом являются аналогами. Однако конгломераты Блайнд-Ривер превосходят последние по мощностям рудных тел и содержанию урана, отличаются меньшими содержаниями золота и требуют более сложной технологии обработки руд [4].

Урановое оруденение конгломератов Блайнд-Ривер большинство геологов относит к осадочному (россыпному) типу. Однако есть сторонники и гидротермального генезиса этих месторождений.

Район Блайнд-Ривер усиленно осваивается промышленностью. С середины 1955 г. к подготовительным работам приступило более десяти крупных компаний. Проектируется строительство ряда обогатительных фабрик производительностью от 2000 до 7000 *т* руды в сутки [2]. В сентябре 1955 г. начал работать первый рудник, вслед за ним предполагалось ввести в строй еще четыре общей производительностью 15 000 *т* в сутки [5].

Канадское правительство заключило с некоторыми компаниями, освоившими месторождения в Блайнд-Ривер, договоры на закупку всей продукции в течение ближайших шести лет. Общая сумма договоров к середине 1955 г. достигла 250 млн. долларов [2].

М. К.

ЛИТЕРАТУРА

1. The Mines Magazine 45, № 9, 33 (1955).
2. F. H. Strout, Mining Engineer, № 5, 462—465 (1955).
3. R. J. Trail, Canadian Mining Journal 75, № 4, 63—68 (1954).
4. P. E. Young, Western Miner and Oil Review 28, № 11, 35—38 (1955).
5. F. R. Joubin, Western Miner and Oil Review 28, № 12, 74—75 (1955).

ЗОЛОТО-УРАНОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ЮЖНОЙ АФРИКЕ

В американских научно-технических журналах большое внимание уделяется золото-урановым месторождениям в Южной Африке. Этот интерес объясняется тем большим значением, которое за последние десять лет приобрела добыча урана на золотых рудниках Южно-Африканского Союза. Добыча урана ведется уже на 17 золотых рудниках и в ближайшее время начнется еще на 9 рудниках. В Южно-Африканском Союзе в 1953 г. было добыто урана приблизительно на 11 млн. долларов, в 1954 г. эта сумма увеличилась до 41,5 млн. долларов и в 1955 г. продолжала возрастать [1].

Кроме того, этот интерес объясняется и тем, что геологическое строение месторождений Витватерс-Ранда очень сходно с геологией недавно открытого крупного месторождения урана Блайнд-Ривер на северном берегу озера Гурон (Канада).

Хотя разведочные работы по этому месторождению ведутся ускоренными темпами, научные данные накапливаются медленно. Поэтому естественно, что любые данные по геологии, минералогии и генезису месторождений Витватерс-Ранда, появляющиеся в печати, с живейшим интересом обсуждаются американскими геологами.

В процессе поисков обращается внимание на возможность обнаружения месторождений урансодержащих золотоносных руд типа Витватерс-Ранда. Такие месторождения были найдены не только в Канаде (Блайнд-Ривер), но также и в Бразилии (Серра-де-Жакобина) [2].

Как сообщают Дэвидсон и Боуи (1951 г.) [3] уранинит, вместе с тухолитом или без него, присутствует во всех пригодных для отработки золотосодержащих конгломератах свиты Ранд, имеющих местное название «риффы». Конгломераты по разрезу залегают от Доминион Риф в основании системы Витватерс-Ранда до верхних частей свит Эльс-

бург Риф и Витерсдорп Контакт Риф, т. е. в диапазоне свыше 750 м. Многие рифы, невыгодные для постановки эксплуатационных работ на золото, содержат значительные количества урана. Хотя для определения общих запасов урана в бассейне Витватерс-Ранда все еще мало данных, считают, что они больше, чем в любом из эксплуатируемых месторождений урана.

Происхождение золотых руд Ранда издавна является предметом ожесточенных дискуссий. Одна группа, состоящая в основном из тех специалистов, которые занимаются разработкой месторождения, считает, что золото и конгломераты отлагались одновременно (теория россыпного происхождения). Другая группа утверждает, что золото осаждалось из теплых золотосодержащих растворов, поднимавшихся снизу и отлагавших металл в пористом конгломератовом горизонте (теория гидротермального происхождения). Дэвидсон и Боуи (1951 г.) [3] пришли к выводу, что золото и уран отлагались одновременно и что любое объяснение происхождения, приемлемое для одного из этих металлов, будет приемлемо и для другого. Этот вывод основан главным образом на данных многих анализов, показавших, что содержание золота и урана колеблется в одинаковой пропорции.

Сторонники теории гидротермального происхождения месторождений Витватерс-Ранда для подтверждения своих позиций приводят следующие соображения:

— содержание урана в конгломератах Ранда значительно больше, чем где-либо в других золотых россыпях;

— уранинит не является минералом, характерным для россыпей;

— установлено, что в жильных месторождениях, расположенных на территориях Бельгийского Конго, Мексики и Канады, золото и уранинит выделились вместе в результате осаждения из теплых растворов;

— сложные химические составы урановых минералов в породах, окружающих бассейн Ранда, исключают возможность привноса урана в россыпи в виде уранинита;

— большое количество пирита в золотоносных конгломератах является не характерным для россыпей;

— отсутствие в конгломератах характерного для россыпей «черного шлиха» (т. е. тяжелой фракции минералов, представленных магнетитом, ильменитом и др.);

— сравнительная редкость самородков золота; основная масса золота в конгломератах представлена в виде зерен размером 0,01—0,07 мм;

— присутствие в окружающих породах пирита, галенита, сфалерита, халькопирита, хлорита и серицита, характеризующих проявление гидротермальной деятельности.

Теория россыпного происхождения месторождений Витватерс-Ранда получила новые доказательства в опубликованной недавно работе немецкого геолога П. Рамдора [4]. Его выводы основаны на тщательном изучении большого количества (около 140) превосходно сделанных аншлифов из образцов руд Витватерс-Ранда.

При оценке фактов, фиксируемых геологами в процессе изучения месторождений Витватерс-Ранда, Рамдор предлагает делать поправки на влияние «псевдогидротермальных» эффектов, вызванных последующей магматической деятельностью, а также на влияние радиоактивности и огромной толщи (мощностью от 10 до 16 км) перекрывающих осадков.

Рамдор смог установить в аншлифах несколько типов и генераций пирита, в том числе и россыпной пирит. Он считает, что золото по происхождению было россыпным и сопровождалось несколькими типичными для россыпей минералами, но впоследствии было перекристаллизовано, о чем свидетельствует сравнительная редкость самородков. Рамдор не сомневается, что уранинит Ранда поступил в россыпи вместе с другими компонентами в виде мелких окатанных зерен, которые концентрировались в нижних частях рифов.

Об интересе, проявляемом американскими геологами к Витватерс-Ранду, свидетельствует поездка в мае 1955 г. П. Е. Юнга, управляющего фирмой «Пронто Ураниум майнс» (одна из фирм, занимающихся развед-

кой и эксплуатацией месторождения Блайнд-Ривер), в Южную Африку, где он провел месяц в целях ознакомления на месте с геологической обстановкой и способами разработки месторождения.

Он признает, что южно-африканские месторождения золота и урана, залегающие в конгломератах, состоящих из гальки кварца, подобны во многих отношениях рудным горизонтам месторождения Блайнд-Ривер. Однако, как отмечает Юнг, условия добычи руд в Витватерс-Ранде и Блайнд-Ривер неодинаковы. Основные различия следующие:

— глубина горных выработок на рудниках в Южной Африке достигает 2100—2400 м, в то время как на Блайнд-Ривер выработки предусматриваются до глубины 900 м;

— мощность рудных горизонтов в месторождениях Витватерс-Ранда в среднем не превышает 1 м, а в месторождении Блайнд-Ривер—больше 2,5 м, что обуславливает необходимость применения других способов разработки этого месторождения;

— пятидесятилетний опыт работ в Витватерс-Ранде дает возможность достаточно точно устанавливать качество руд, их запасы и т. п., пользуясь результатами анализов керн буровых скважин, расположенных на расстоянии приблизительно 1,5 км друг от друга. В районе Блайнд-Ривер скважины приходится располагать по более ступенчатой сетке. В южно-африканских рудниках требуется очень мощная вентиляция ввиду огромного количества горных выработок (их длина достигает 10 000 км) и высокой температуры на глубоких горизонтах (например, на глубине 1800 м температура достигает 45° С);

— наличие дешевой рабочей силы в южно-африканских рудниках (приблизительно 1 доллар в день, причем около 50% удерживается за жилище и питание) приводит к тому, что труд на рудниках Витватерс-Ранда механизирован в значительно меньшей степени, чем на рудниках Блайнд-Ривер, где оплата труда намного выше [1].

Добыча золота из месторождений Витватерс-Ранда продолжается уже около 70 лет, в связи с чем многие рудники прекратили свое существование, однако установление перспектив по урану возрождает и эти рудники ко «второй жизни» [1].

А. З., Е. Г.

ЛИТЕРАТУРА

1. P. E. Young, Western Miner and Oil Review 28, № 11, 35 (1955).
2. М. Г. Уайт, Урановые месторождения в Серра-де-Жакобина (Бразилия). Доклад № 130 на Международной конференции по мирному использованию атомной энергии (Женева, 1955); Геология атомных сырьевых материалов, стр. 442, Госгеолтехиздат, Москва, 1956.
3. П. Ф. Керр, Месторождения урана и тория. Доклад № 1114 на Международной конференции по мирному использованию атомной энергии (Женева, 1955); Геология атомных сырьевых материалов, стр. 129, Госгеолтехиздат, Москва, 1956.
4. H. W. A. Sommerlatte, Mining Magazine 93, № 3, 142 (1955).

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ГАММА- И ЭЛЕКТРОКАРОТТАЖА ПРИ РАЗВЕДКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА*)

Для разведки месторождений урана с успехом можно применять геофизическую аппаратуру и методы разведки, используемые при разведке на нефть. Одним из вариантов использования их для целей поисков урана является комплексный одновременный γ -кароттаж и электрокароттаж по методу сопротивлений. При разведке урана на Колорадском плато ежегодно бурятся скважины общей протяженностью до 1000 км.

Использование комплексного кароттажа позволяет не только значительно ускорить опробование скважин, но и в три-четыре раза удешевить стоимость этой работы. Буровой шлам разведочных скважин можно контролировать с помощью обычных радиометров на сцинтилляционных или газовых счетчиках, однако кароттаж дает значительно более ценные характеристики пробуренных пород.

Кривая кажущихся сопротивлений пробуренных горных пород, полученная методом электрокароттажа, дает возможность составлять надежные литологические разрезы по скважинам, профилям и району в целом. Гамма-кароттаж позволяет дополнять эти литологические данные и характеризует содержание урана и продуктов его распада в отдельных горизонтах и пластах разреза.

Использование результатов комплексного кароттажа дает возможность получать карты и выделять на них участки, наиболее перспективные для разведки промышленных месторождений урана.

Для выполнения одновременных измерений применялась специально сконструированная кароттажная станция. Электрокароттаж производился по одноэлектродной (токо-

вой) схеме, обеспечивающей достаточно хорошую дифференциацию пластов по относительным величинам кажущихся сопротивлений.

Ток электрода и импульсы от газового счетчика передаются от зонда в скважине на поверхность телеметрически по одножильному кароттажному кабелю. В зонде прибора смонтированы источник питания, ламповый генератор для измерения сопротивлений, одновибратор и счетчик Гейгера; в нижней части зонда находится токовый электрод. Схема прибора нечувствительна к утечкам и изменению длины кабеля.

В комплекте аппаратуры, установленной на поверхности, сигналы от счетчика и зонда разделяются, усиливаются и подаются на двухканальный регистратор с ленточной записью. Питание всего комплекта осуществляется от генератора 115 в, 60 гц, с моторным приводом. Гамма-радиометр имеет 10 шкал-декад, обеспечивающих хорошую линейность в диапазоне 10—10 000 имп/сек. По результатам эталонирования с источником Ra^{226} этот диапазон соответствует интенсивности порядка 5000 мкр/час. Радиометр имеет шесть постоянных времени (от 0,5 сек. до 16 сек.), выбор которых определяется измеряемой активностью, скоростью кароттажа и заданной величиной статистической ошибки. Запись на ленту производится в масштабе 1 : 10, 1 : 20 и 1 : 50. Чувствительность, стабильность, температурная характеристика и механическая устойчивость комплекта аппаратуры полностью соответствуют требованиям измерений в полевых условиях. Кароттажная лебедка имеет кабель длиной около 600 м и обеспечивает скорость спуско-подъемных операций от 0,6 м до 30 м в минуту; при необходимости длину кабеля можно уве-

*¹ Geophysics 20, № 4, 841—859 (1955).

личить до 3000 м. Весь комплект аппаратуры обслуживается одним оператором, выполняющим кароттаж 6—10 скважин в день.

Определение содержания U_3O_8 непосредственно по измеренной интенсивности не производится из-за возможного влияния на результаты определения тория и нарушения равновесия Ra—U. При наличии специальных эталонов радиометрические определения содержания урана могут совпадать с химическими анализами керн в пределах 15—50%. Для вычисления содержания U_3O_8 вначале определяется истинная интенсивность по формуле

$$I = I_0 k d_c,$$

где I —измеренная интенсивность в $мкр/час$, I_0 —истинная интенсивность в $мкр/час$, k —поправочный коэффициент на мощность пласта, скорость кароттажа и постоянную времени, d_c —поправочный коэффициент на диаметр скважины.

На основании измерений в эталонных скважинах с насыщенными пластами (мощностью больше 75 см) известного содержания производится определение пересчетного коэффициента C , удовлетворяющего уравнению

$$U_3O_8(\%) = C I_0.$$

Модели эталонных скважин обязательно готовятся из руды данного района, содержание U_3O_8 определяется химическими анализами. Для месторождений штата Колорадо типичное значение C составляет $1,9 \cdot 10^{-4} \text{ \%}/мкр/час$.

Количественная интерпретация выполняется следующим образом.

1. По кароттажной диаграмме определяется мощность активного пласта; она берется как расстояние между точками перегиба кривой аномалий. Пласты мощностью менее 15 см не выделяются, так как счетчики зонда имеют такую же длину.

2. Находится истинное значение I_0 для аномалии и переводится в $мкр/час$ по градуировочной кривой.

3. Определяется содержание U_3O_8 с помощью пересчетного коэффициента для данного типа руд.

На основе кароттажных диаграмм сопротивлений и γ -активности можно получить достаточно точную корреляцию разрезов по скважинам.

По результатам интерпретации этих данных построены также карты активности и электрических сопротивлений для различных стратиграфических горизонтов штата Юта.

Л. П.

РАЗВЕДОЧНОЕ БУРЕНИЕ НА УРАН *)

Удовлетворительные для бурения физические свойства пород и небольшая толщина аллювия на участках, принадлежащих компании «Анаконда» в районе Грантс (штат Нью-Мексико, США), позволили с большой эффективностью производить разведку урана бурением в известняках формации Тодилто и песчаниках формации Энтрада.

Разведка песчаников формации Моррисон осложнялась необходимостью проходить скважины глубиной до 90—120 м, причем вследствие большой хрупкости этих пород получение из них керн было невозможно.

На практике использовались три типа бурения: алмазно-колонковое, роторное и удар-

ное. Алмазно-колонковое бурение применялось для оконтуривания рудных тел, детального изучения литологического состава проходимой толщи, а также влажности пород. Роторное бурение производилось в толщах слабо обводненных пород и обычно сопровождалось гамма- и электрокароттажем. Ударное бурение применялось для прослеживания известняков, однако на участках, сложенных окварцованными породами, этот тип бурения заменялся роторным.

Ежемесячно с помощью роторного бурения проходили ~18 000 м и с помощью алмазно-колонкового — 3000 м.

Документация скважин производилась путем отбора 10—50% керн из скважин алмазного бурения или шлама из скважин роторного бурения.

*) Mining Congress Journal 41, № 12, 46—49 (1955).

Применение γ -кароттажа позволяло не только выделить участки с аномальной радиоактивностью, но и составить литологический разрез путем сопоставления данных γ -кароттажа с данными алмазно-колонкового бурения.

Однако практика показала, что оконтуривать рудные тела только методом γ -кароттажа недостаточно.

На участках с пологим залеганием пластов скважины закладывались на расстоянии 15 м друг от друга вдоль профилей, проведенных параллельно через каждые 30 м.

При более сложном геологическом строении вдоль линий, пересекающих эти профили, закладывались дополнительные геологические скважины.

В некоторых случаях разведке по та-

кой сетке предшествовала разведка бурением по методу «дикий кошки», при котором скважины пробуривались через каждые 180—300 м. На перспективных участках эти расстояния сокращали до 30—60 м.

При оконтуривании очень коротких рудных тел в известняках вблизи скважин, пересекающих рудное тело, закладывались другие скважины на расстоянии 3—6 м.

Результаты бурения на перспективных участках контролировались горными работами.

Рудные тела в форме вертикально расположенной трубы, выполненной брекчированной породой, содержащей оруденение, разведывались наклонными скважинами, например в Вудроу Майн.

Н. Т.

СЧЕТЧИК ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГАММА-АКТИВНОСТИ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА *)

Счетчик для измерения малых концентраций γ -активных изотопов в организме

татора равна $5 \cdot 10^{-10}$ кюри на объект для изотопов, испускающих один γ -квант при

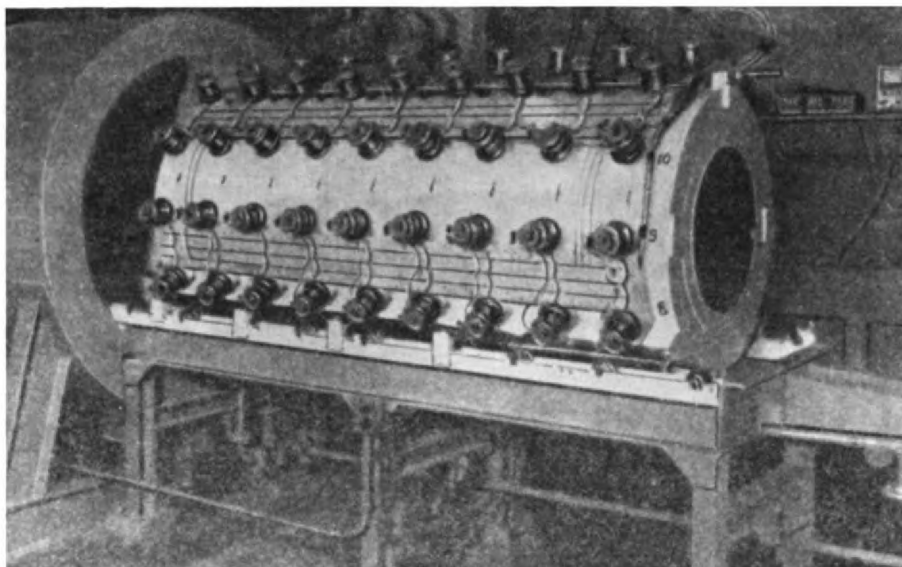


Рис. 1. Внешний вид счетчика без свинцовой защиты.

человека разработан Лос-Аламосской лабораторией (США) *). Чувствительность де-

каждом распаде и при массе объекта порядка 120 кг. В более крупных объектах может быть обнаружена концентрация порядка $3 \cdot 10^{-12}$ кюри/кг. Чувствительность счетчика такова, что естественный изотоп K^{40} (около

*) E. C. Anderson, Nucleonics 14, № 1, 26 (1956).

10^{-8} кюри) может быть измерен с точностью до 5% за 2 мин. отсчета.

Счетчик представляет собой цилиндрический бак объемом ~ 500 л, заполненный жидким сцинтиллятором. Сцинтилляции улавливаются 108 фотоумножителями (12 ря-

диоактивности (K^{40}) человека в зависимости от пола и возраста.

2. Исследование наведенной радиоактивности человеческого тела, подвергшегося действию медленных нейтронов. Счетчик позволяет улавливать наведенную активность

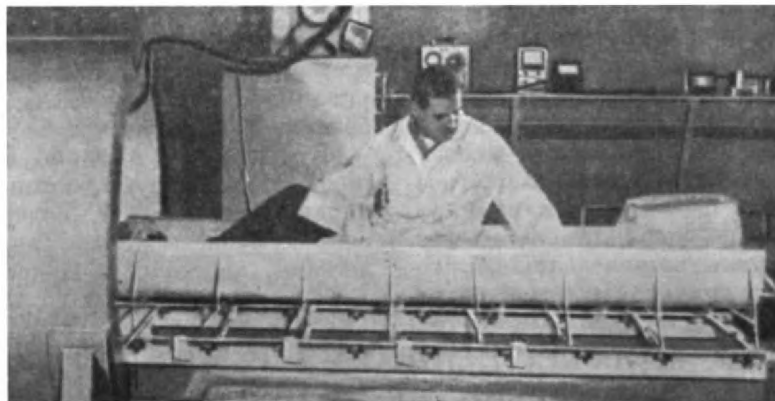


Рис. 2. Общий вид счетчика. На снимке видны свинцовая защита и желоб для помещения объекта исследования,двигающийся внутрь счетчика.

дов по 9 трубок в каждом). По оси цилиндра находится полость для помещения объекта. Снаружи счетчик защищен массивным свинцовым экраном. Эффективный угол счета $\sim 4\pi$, и эффективность не зависит от положения источника.

В статье дано подробное описание электрической схемы прибора и приведены данные измерения, обработанные статистически.

Описан ряд исследований, проведенных с применением указанного прибора:

1. Исследование уровня естественной

в результате воздействия медленных нейтронов в количестве 0,3 фрэ.

3. Определение загрязнения персонала и пищи γ -активными веществами. При исследовании персонала непостоянство уровня содержания K^{40} лимитирует точность измерения.

4. Изучение содержания К в организме с точки зрения физиологической химии и патологии.

5. Изучение задержки в организме продуктов деления урана.

С. Л.

ПОДВОДНЫЙ СТАНОК ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОБЛУЧЕННЫХ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

В американских журналах сообщается о практических испытаниях специального станка для механической обработки под водой облученных тепловыделяющих элементов.

Вода обеспечивает защиту обслуживающего персонала, охлаждение тепловыде-

ляющих элементов и безопасное удаление отходов обработки. Общий вид установки показан на рис. 1.

Подводный станок установлен на дне шахты глубиной 7,6 м, сооруженной на станции по испытанию реакторов в Арко (штат Айдахо, США). Загрузка и разгрузка станка

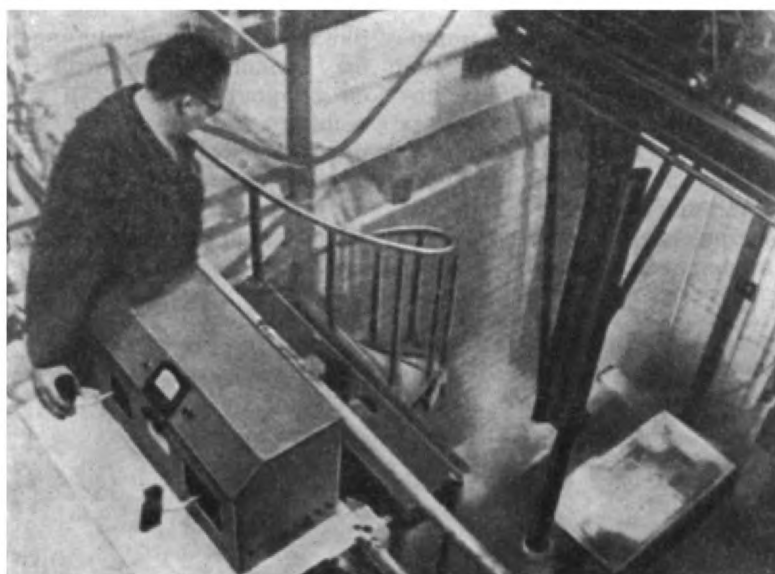


Рис. 1.

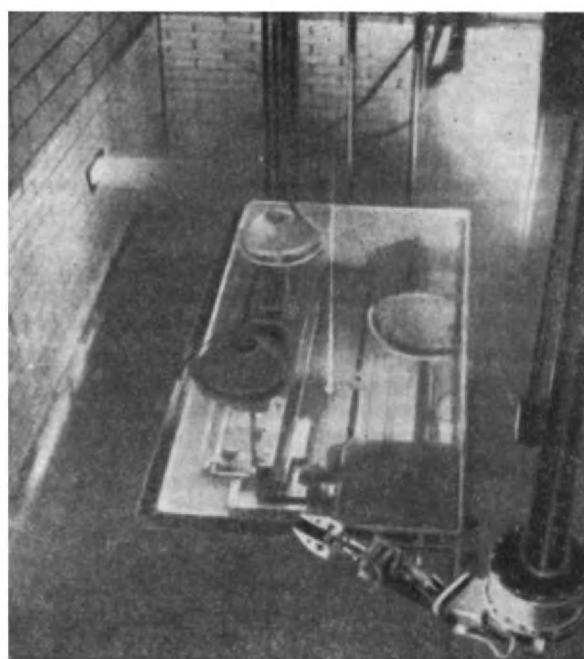


Рис. 2.

производятся при помощи мостового электрического крана-манипулятора, пульт управления которым виден на рисунке слева. Оператор, находящийся на другом конце моста над шахтой, может наблюдать за ходом операции при помощи перископа, показанного на рисунке справа в виде колонны с квадратным сечением в нижней части.

На рис. 2 станок изображен в процессе работы. Справа—манипулятор. Приводы управления (в центре, сзади) идут к пулту управления, расположенному на полу у края

На рис. 3—станок без боковой и верхней крышек. Рядом с приводами управления идут трубы, две из них подают воду на гидравлические зажимы; через две другие трубы большего диаметра циркулирует вода со скоростью 760 л в минуту, предназначенная для удаления стружки. Вода из окружающего станок кожуха проходит вначале через сеточный улавливатель опилок, а затем для более тонкой очистки—через микропористый фильтр. После очистки вода вновь поступает в станок. Таким образом,

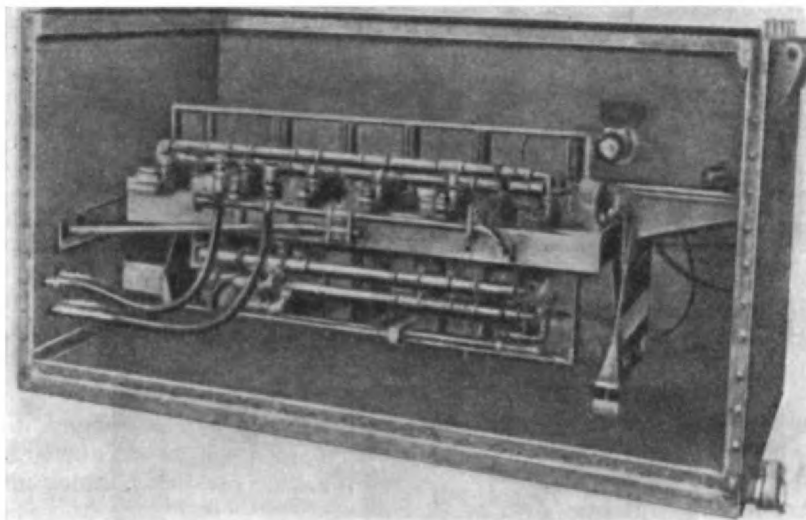


Рис. 3.

шахты. При помощи этих приводов осуществляется передвижение обрабатываемого изделия в вертикальном и горизонтальном направлениях. Вал, приводимый в движение мотором мощностью 1,5 л. с. с регулируемой скоростью, при помощи червячной передачи подает тепловыделяющие элементы к резцу, расположенному внизу справа. На пульте управления имеются приборы, указывающие положение тепловыделяющих элементов и резца с точностью до нескольких тысячных долей сантиметра. Там же установлены регуляторы длины среза.

предотвращается смешивание воды для отвода стружек с водой, находящейся в шахте.

В то время, когда станок находится под водой, в кожух мотора подается сжатый воздух, который предотвращает проникновение в него воды.

В. С-й

ЛИТЕРАТУРА

1. Electrical Journal 155, № 6, 460 (1955).
2. American Machinist 99, № 17, 110 (1955).