

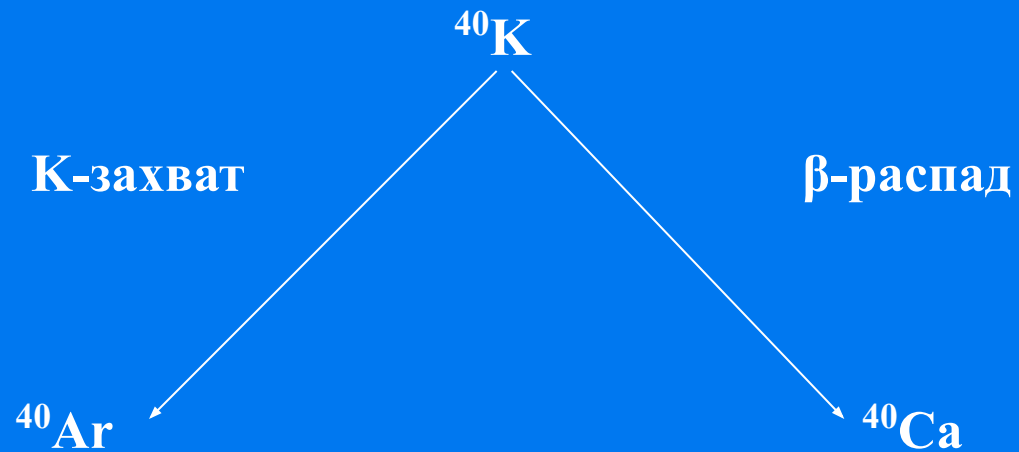
Калий-аргоновый метод

Входит в группу так называемых *изотопно-геохимических методов*. Хотя мы ограничиваемся в своих лекциях временным интервалом в приблизительно 1.5 млн лет (плейстоцен-голоцен), этот метод охватывает временные рамки

от 0.1-0.2 миллиона лет и до нескольких миллиардов лет.

Калий-аргоновый метод геохронологии хорошо зарекомендовал себя при его использовании для датирования континентальных пород. Например, возраст Земли устанавливался, наряду с другими методами абсолютной геохронологии, например, уран-свинцового метода, также и с помощью калий-аргонового метода. Причем, возраст в 4.5 млрд лет был определен в лаборатории Рад. Ин-та под рук-ом проф Э.К.Герлинга в 1961 г.

Метод основан на распаде природного изотопа калия-40 (^{40}K).



Период полураспада ^{40}K (для K-захвата)– $1.3 \cdot 10^9$ лет

Существует 3 разновидности β -превращения:

с излучением **электрона** ${}_{-1}e^0$;

с излучением **позитрона** ${}_{+1}e^0$;

путем **k -захвата** (электронного захвата).

1) β^- -превращение схематически описывается следующим образом:



Этот распад сопровождается испусканием γ -лучей и **антинейтрино** $\tilde{\nu}$.

Например: ${}_6 C^{14} \rightarrow {}_7 N^{14} + {}_{-1} e^0 + \tilde{\nu} + \gamma$

При этом электроны образуются в результате внутреннего превращения нейтрона в протон – в неустойчивых ядрах с избытком нейтронов.

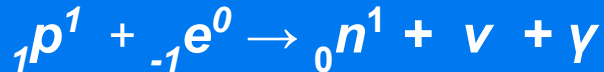


2) β^+ -частицы представляют собой позитроны и обозначаются как ${}_{+1}e^0$

Позитрон образуется в результате внутреннего превращения протона в нейтрон:



3) **k -захват** заключается в том, что ядро поглощает из k -оболочки своего атома один электрон. В результате один из протонов превращается в нейтрон, испуская **нейтрино**:



Изотопный состав калия:

Калий: калий-39 – 93.2%, К-40 – 0.01 %, К-41 – 6.7 %.

Радиоактивный – только К-40.

Содержание К-40 – минимально среди двух других изотопов.

Учитывая, кроме того тот факт, что период полураспада К-40 – 1.3 млрд. лет, представьте себе, какие сверхмалые количества аргона необходимо измерять при датировании образцов четвертичного возраста.

Изотопный состав аргона:

Аргон: арг-40 – 99.6%, аргон-38 – 0.06%, аргон-36 – 0.34%.

Интересно то, что радиогенный аргон (^{40}Ar) также имеет ат. вес 40, как и природный, которого почти 100% в атмосфере. Этот факт опять же затрудняет измерение истинного количества радиогенного аргона, поскольку малейшая разгерметизация установки, в которой происходит плавление минерала для выделения аргона, приведет к захвату из атмосферы природного аргона и удревит полученный возраст.

Поэтому **K-Ar метод широко применяется для определения изотопного возраста калий-содержащих пород и минералов.**

Высокое содержание калия характерно для многих породообразующих минералов:

слюды,

полевые шпаты,

глинистые минералы.

кроме того, возможно датирования гранитов, выделяя при этом предварительно прослой слюды, которые и датируются. Попытки датирования гранитов целиком приводит обычно к омоложению возраста на 20-30%, из-за присутствия в них значительных количеств кварца, который плохо удерживает аргон в своей структуре.

На чем основан K-Ar метод?

K-Ar метод базируется на определении радиогенного аргона-40, который начинает накапливаться из K-40 при образовании магматических пород. Т.о., количество аргона (Ar-40) по отношению к материнскому K-40 является мерой времени, которое начинает отсчитываться с момента кристаллизации породы.

Как и все методы датирования, К-Аг метод основывается на **некоторых допущениях**:

1 – во время кристаллизации породы весь существовавший прежде радиогенный аргон должен теряться, эманировать из образца. Сохранение какого-либо изначального количества аргона к концу кристаллизации будет удревнять конечный результат. Большинство эффузивных (вулканических) и гипабиссальных пород не удерживают аргон при кристаллизации и пригодны для датирования.

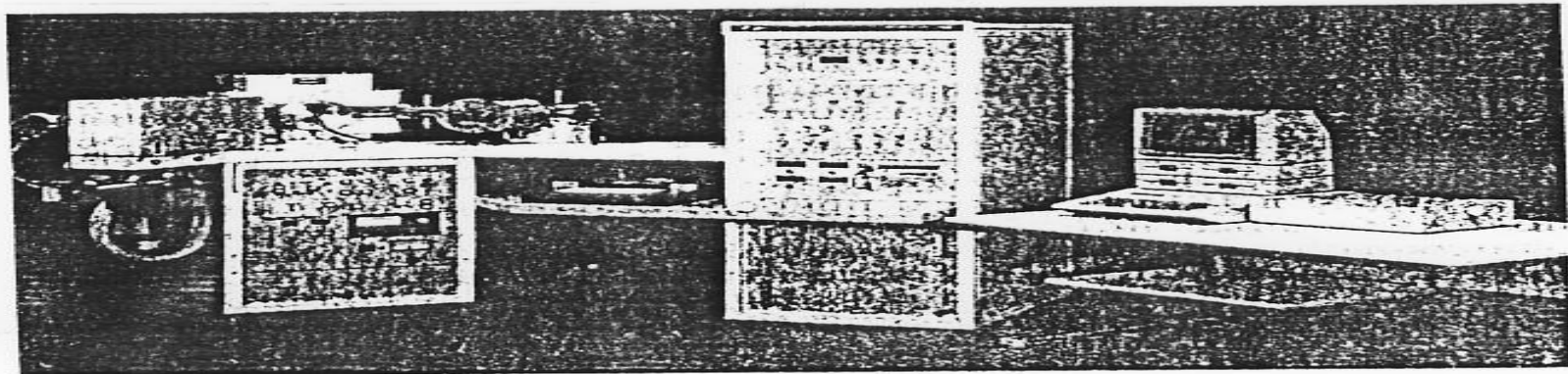
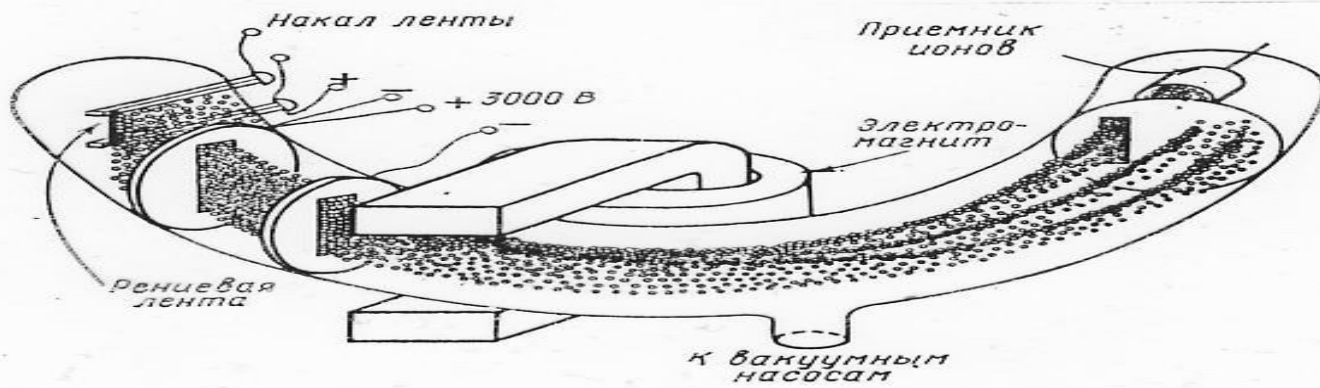
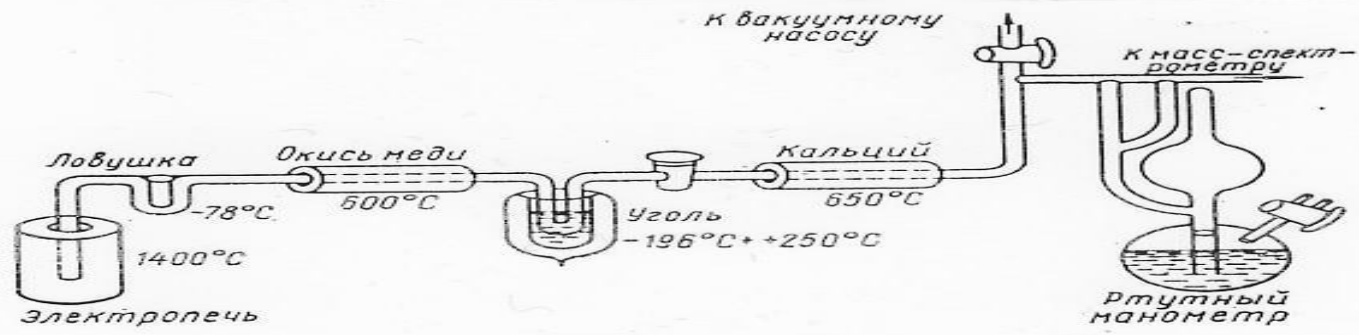
2 – с момента кристаллизации анализируемые породы или минералы остаются закрытой геохимической системой по отношению этим радиоэлементам. Так, потеря аргона со временем приводит к омоложению возраста. В этом отношении для датирования не рекомендуются породы, содержащие перекристаллизованное стекло и вторичные минералы.

В определенном отношении трудность представляло определение содержаний аргона и калия в образцах. Но с развитием метода масс-спектрометрии возможности определения этих элементов увеличились, что привело к расширению возрастных границ, охватываемых методом – *до 100 тыс лет, а по некоторым сведениям – до 10 тыс. лет.*

Краткое описание химической методики выделения аргона из образца минерала:

Нагрев при 1400 градусах – плавка кристалла, выделение аргона, паров воды, водорода, азота, окиси и двуокиси углерода, метана и т.д. (рисунок) Сколь совершенной не была бы аппаратура, в нее всегда проникает немного воздуха. В кристаллической структуре некоторых минералов тоже есть воздух, захваченный при их кристаллизации. Следовательно, есть и воздушный аргон. Он выделяется вместе с радиогенным аргоном при плавке минерала. Поэтому для взвешивания атомов аргона применяют масс-спектрометр, чтобы разделить изотопы аргона – 40, 38 и 36. (рисунок).

Масс-спектрометры – это приборы для разделения заряженных атомов и молекул по их массам, основанные на воздействии на движущиеся ионы электрических или магнитных полей. Первый масс-спектрометр появился еще в 1918 г. (А.Демпстер). До конца 30-х годов этим прибором постоянно пользовались. В 30-х гг появился масс-спектрометр А. Нира, который после некоторых усовершенствований, используется до настоящего времени.



Принцип действия масс-спектрометра следующий:

образованные в источнике положительные ионы исследуемого вещества ускоряются до одинаковой кинетической энергии продольным электрическим полем и разделяются на компоненты в поперечном магнитном поле, отклоняясь в нем от первоначального направления. Источник ионов ионизирует газообразное вещество (аргон) за счет соударения исследуемых атомов с электронами небольшой энергии и создает при этом пучок ионов. Этот пучок ионов, ускоренный электрическим полем, проникает в щель своеобразного щитка. Затем пучок ионов попадает в поле магнитного масс-анализатора, создаваемого электромагнитом. При этом линии эл-магнитн поля – перпендикулярны направлению движения ионов. Магнитное поле отклоняет ионы от прямолинейной траектории. В результате тяжелые ионы в магнитном поле отклоняются меньше, чем легкие. Затем разделенные ионы попадают в приемник ионов. Здесь они регистрируются аппаратурой и записывается самописцем.

Датирование океанических базальтов

- не увенчалось успехом, поскольку все трудности, которые встречаются при датировании К-Аг методом, проявляются для базальтов наиболее рельефно, контрастно:
 - низкое содержание калия.
 - сравнительно невысокие значения возраста, а значит и низкие, в свою очередь, концентрации аргона-40,
 - задержка в структуре базальтов начального радиогенного аргона в условиях высоких давлений на океаническом дне,
 - процессы выветривания и гидротермальной переработки.

Датирование терригенных минералов в донных отложениях.

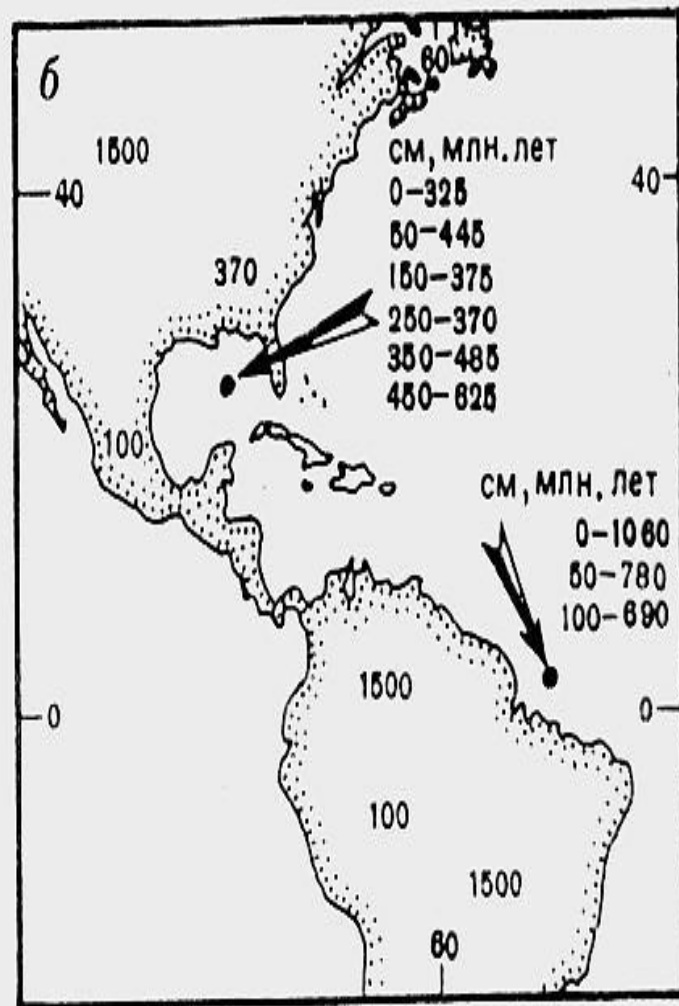
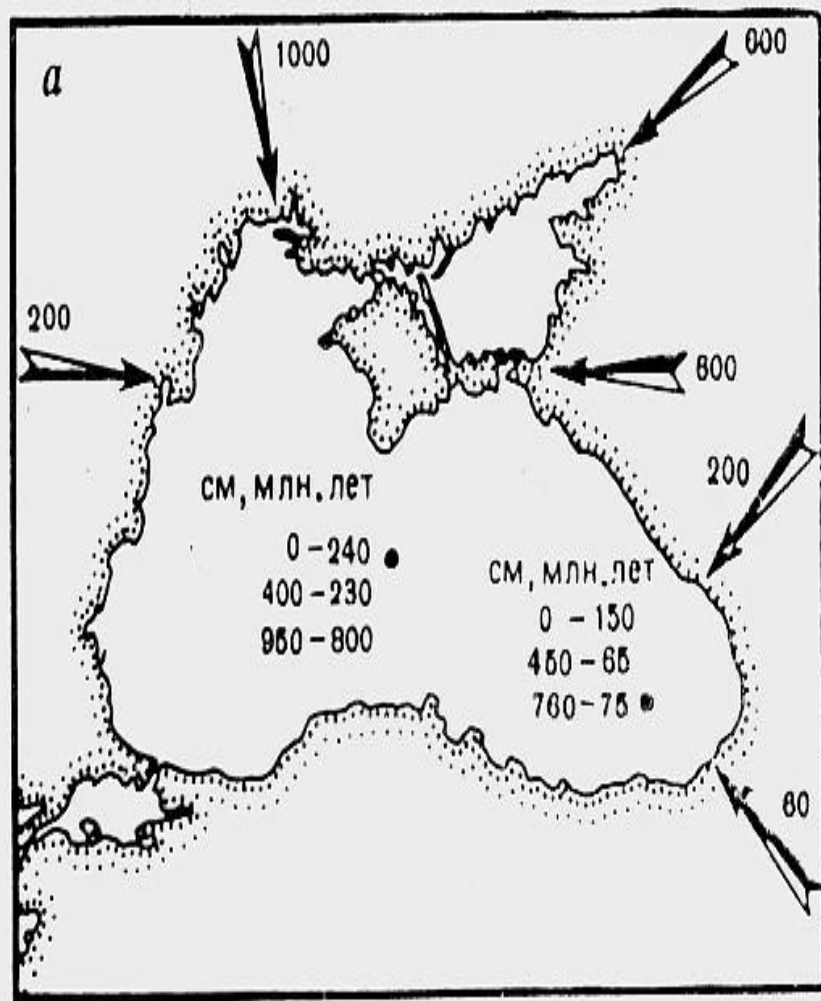
Терригенный осадочный материал глубоководных частей океанов и морей представлен в основном глинистыми минералами, являющимися продуктами выветривания изверженных пород континентов. Поэтому для определения возраста К-Аг методом эти объекты вполне могут быть использованы. В осадки они поступают с речным стоком или при эоловом переносе, поэтому возраст этих минералов соответствует возрасту тех изверженных пород, в процессе выветривания которых они образовались.

Соотношение материнских и дочерних элементов (данном случае - Ar/K), т.е. возрастную метку, сохраняют обломки горных пород различной размерности. Поэтому круг вопросов, решаемых методом с широким временным диапазоном, достаточно велик:

- изучение переноса частиц различной размерности; иными словами, изучение дальности разноса частиц одного возраста;
- определение области питания определенного участка дна;
- определение ореола разноса осадочного материала в устьях рек;
- оконтуривание терригенно-возрастных границ.

Изучение изменения возраста с глубиной отбора осадочного материала позволяет решать задачи, связанные со сменой областей поставки осадочного материала в различные климатические эпохи. (рисунок)

На рисунках показано изменение источников питания терригенным материалом осадков Черного и Карибского морей во времени. Возраст обеих колонок Черного моря приблизительно 130-150 тыс лет. При этом, в левой колонке в это время преобладал источник с севера, позже с изменением климатических условий – с юго-запада. В правой колонке 130-150 тыс лет назад преобладал источник с юго-востока, позже - с северо-востока. Эти изменения связаны с переходом от межледниковых условий к ледниковым 70-80 тыс. лет назад.



Р и с. 4. Возраст терригенных минералов донных осадков [38, 39]

а – схема возрастных значений терригенных минералов различных областей сноса в бассейне Черного моря и изменения возрастных меток с глубиной в двух колонках илов, стрелками показаны источники сноса осадочного материала, цифрами – возраст (млн. лет) для каждого источника; *б* – схема изменения возрастных меток илов с глубиной в Мексиканском заливе (близ устья р. Миссисипи и в Атлантическом океане (близ р. Амазонка), стрелками указано расположение колонок, цифры на континентах – возраст (млн. лет) пород данного района

Другие области применения К-Аг метода:

- Определение возраста вулканических прослоев.

Мы только что говорили о тефрохронологии. Так вот именно они являются отличным материалом для К-Аг датирования. Только при условии отсутствия терригенного материала, что характерно для пелагических осадков, К-Аг датировки будут достоверными. О роли изучения прослоев пепла в стратиграфических исследованиях мы уже говорили.

- Железо-марганцевые конкреции и корки.

Возраст железо-марганцевых конкреций иногда определяют с помощью К-Аг метода, если ядрами этих формаций являются базальтовые вулканические фрагменты. О сомнительности датирования базальтов мы уже говорили. Так, по ряду К-Аг определений скорости роста ЖМК эти значения находились в пределах 0.5-3.5 мм/тыс. лет, тогда как по данным других методов (радиоизотопных) и литературным источникам она колеблется обычно в пределах мм-см/млн. лет. То есть разница в результатах достигала 2-3-х порядков.

- В заключение, роль К-Аг датирования континентальных отложений несомненно велика. К примеру, определяющей была его роль при разработке *палеомагнитной шкалы.*