

ТРУДЫ 2-ой СЕССИИ
КОМИССИИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ
АБСОЛЮТНОГО ВОЗРАСТА
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ

ИЗДАТЕЛЬСТВО
АКАДЕМИИ НАУК СССР
1971

Приложение
к Вх. № 52с
число 3/8-56

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

СЕКРЕТНО

Экз. № 130

5447

ТРУДЫ 2-ой СЕССИИ
КОМИССИИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ
АБСОЛЮТНОГО ВОЗРАСТА
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ

АКАДЕМИИ НАУК СССР
И ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК АН УССР

(13 — 16 июня 1953 года в г. Киеве)

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР

КИЕВ — 1955



*Печатается по постановлению Редакционно-издательского совета
Академии наук Украинской ССР*

Ответственный редактор
действительный член АН УССР *Н. П. Семенко*

ПРЕДИСЛОВИЕ

Комиссия по определению абсолютного возраста геологических формаций Академии наук СССР и Институт геологических наук Академии наук УССР провели 13—16 июня 1953 г. в г. Киеве совместную сессию, посвященную, главным образом, возрасту докембрийских геологических формаций Украинского кристаллического массива.

На заседаниях присутствовало около 200 человек.

Доклады и выступления на этой сессии геологов и радиохимиков и помещены в настоящем сборнике.

Сборник отредактирован Н. П. Семененко и Е. С. Бурксером.

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО ЧЛЕН-КОРР. АН СССР И. Е. СТАРИКА

Прошел год после нашей первой сессии комиссии по определению геологического возраста радиоактивными методами, состоявшейся в Москве. Мы можем с удовлетворением констатировать тот факт, что мы через год вновь имеем возможность собраться и разобрать животрепещущие вопросы, которые возникли в этой области.

Какие вопросы разбирались на предыдущей сессии, — большинству известно. Напомним, что это были, главным образом, вопросы методики и основ самого метода радиоактивного определения абсолютного возраста горных пород и минералов, обсуждались принципиальные вопросы, затрагивающие научные основы радиоактивного метода и правильности или неправильности полученных этим методом данных об абсолютном возрасте.

Верны ли разработанные основы радиоактивного метода, всегда ли скорость радиоактивного распада в условиях Земли была величиной постоянной?

За прошедший год в этой области наук никаких изменений не произошло. Все опубликованные работы по этому вопросу показывают, что скорости радиоактивного распада в пределах термодинамических условий нашей планеты являются для данного элемента величинами постоянными, и мы не знаем никаких особых ядерных реакций, которые бы могли привести к каким-либо результатам, влияющим на определение возраста геологических формаций. Таким образом, в части научной основы радиоактивного метода не произошло за это время никаких изменений, и нужно считать, что наши знания в этой области укрепились, и научные основы, заложенные в радиоактивном методе, несомненно, правильные.

Что же касается самой методики определения возраста, то можно сказать, что никаких особых затруднений у нас нет. Попрежнему могут быть небольшие сомнения в некоторых данных по определению возраста тех или иных пород. Но это дело исправимое. Эти данные могут быть повторно проверены и еще раз уточнены в других лабораториях с определенной точностью.

Крупным недостатком в работе до сего времени является то, что основной метод, которым мы должны пользоваться в нашей ра-

боте — свинцовый метод, — не применялся в ряде работ должным образом, а именно — не производилось определение изотопического состава свинца, без чего определение абсолютного возраста пород является неточным и ненадежным. Только путем изотопического анализа свинца можно дать гарантию, что мы получим правильный возраст.

За прошедший год в этом направлении мы имеем сдвиги. Большое количество изотопических определений свинца было проведено в Институте радия, некоторое количество в Институте геохимии АН СССР. В настоящее время у нас есть две точки, где производятся определения изотопического состава свинца. По данным американской комиссии по определению абсолютного возраста горных пород, в Америке имеется всего только одна точка, где производится такое определение изотопического состава свинца. Мы сейчас должны договориться о том, чтобы производить эти определения и в других пунктах.

За этот год приобрел определенное значение аргоновый метод. Он уже внедрен, кроме Лаборатории докембрия, и в других институтах: в Институте геологических наук Академии наук УССР в Киеве и в лаборатории ВСЕГЕИ в Ленинграде.

К сожалению, пока этот метод не стал еще настолько доступным, чтобы его можно было применять в большем числе лабораторий. Сложность аппаратуры пока что лимитирует его применение. И те пожелания, которые высказывались на предыдущей сессии относительно конструирования специальных приборов по определению возраста аргоновым методом, к сожалению, еще пока не осуществлены.

Весьма существенная работа ведется в ряде институтов, она связана с радиохимическим изучением всего материала, который подлежит исследованию.

Несколько подробнее остановлюсь на этом дальше.

Рассмотрим, в каком направлении велись определительские работы как у нас, так и за границей. В США определительские работы велись, главным образом, по определению абсолютного возраста очень древних образований. Вопрос о возрасте докембрийских образований является первостепенным и за границей, хотя определение возраста и молодых образований интересует в Америке, видимо, значительное число исследователей. Применяемый для этого в Америке аргоновый метод дал большие расхождения в результатах.

У нас в СССР определительские работы также нужно сосредоточить на определении возраста как древних докембрийских образований, так и молодых.

В части определения возраста молодых образований нужно отметить работу В. В. Чердынцева и В. И. Баранова.

Я хочу напомнить, что задачи настоящей сессии были определены на предыдущей. Сейчас мы, прежде всего, должны установить возраст докембрийских образований, чтобы быть уверенными в

точности и надежности тех цифр, которые получаем радиоактивными методами.

Считаю нужным напомнить те результаты, которые были получены за границей при определении возраста докембрийских образований.

Прежде всего, приведу данные, которые были получены для пород Монитобы по свинцу и по стронцию: Монитоба по свинцу 2 млрд. лет, по стронцию 2100—2400 млн. лет; для пород Родезии по стронцию — 2150—2200 млн. лет.

Опубликован еще ряд определений, не буду приводить всех, но укажу, что расхождение получается в пределах от 1900 до 2950 млн. лет.

В Швеции установлены возрасты докембрийских образований по стронциевому методу 2150 и 2400 млн. лет.

Таковы данные, которые получены за границей на основании опубликованных материалов, причем следует сказать, что свинцовым методом определены возрасты для Монитобы в 2 млрд. лет, а по стронциевому методу несколько выше. Нам надо проверить, так как не совсем ясно, дает ли стронциевый метод однозначные результаты или несколько завышенные. Завышенность этих результатов можно объяснить некоторыми ошибками в определении константы распада рудидия.

Перейдем теперь к результатам, которые имеются по Советскому Союзу. Наиболее древние породы земной коры были впервые определены у нас (в Северной Карелии). Это первое определение, которое было проведено на уранините свинцовым методом. Из Северной Карелии был получен ряд образцов уранинита, проанализированных ранее К. А. Ненадкевичем и М. И. Владимировым. Ими получены были очень близкие однозначные результаты.

Произведенные вычисления привели к установлению возраста уранинита в 1800 млн. лет с незначительными отклонениями в ряде определений.

В связи с установлением изотопического состава урана и величины константы радиоактивного распада актино-урана, в полученные результаты возраста уранинита была введена поправка, и возраст приведен к величине 1700—1720 млн. лет.

До последнего времени комиссия по определению абсолютного возраста в США с большой осторожностью относилась к данным определения возраста уранинита из Северной Карелии. Исследование изотопического состава свинца из Карельского уранинита подтвердило наши прежние результаты определения его возраста.

Определение возраста свинцовым методом основано на допущении, что весь свинец является радиогенным, если не производится определение изотопического состава.

Если определение изотопического состава свинца выявляет присутствие изотопа с атомным весом 204, то это является доказательством присутствия в минерале нерадиогенного свинца. Возраст ми-

нерала при отсутствии нерадиогенного свинца может быть вычислен на основании данных отношений:

$$\frac{\text{Pb}^{206}}{\text{U}^{238}}; \frac{\text{Pb}^{207}}{\text{U}^{235}}; \frac{\text{Pb}^{207}}{\text{Pb}^{206}}.$$

Для уранинита из Каменной Тойбы нами было получено по общему содержанию свинца и урана 1780 млн. лет, по отношению $\frac{\text{Pb}^{207}}{\text{U}^{235}} - 1860$ млн. лет по отношению $\frac{\text{Pb}^{206}}{\text{U}^{238}} - 1760$ млн. лет и по

отношению $\frac{\text{Pb}^{207}}{\text{Pb}^{206}} - 1870$ млн. лет.

Не буду останавливаться на всех результатах, которые получены для других образцов, но хотел бы обратить ваше внимание на то, что совпадение результатов вычислений возраста различными способами не всегда дает столь хорошие результаты, хотя расхождение не столь велико. Причина расхождений в результатах, полученных по данным отношения свинца 207 к урану 235 и свинца 206 к урану 238, видимо, лежит в явлении эманирования, т. е. потери одного из продуктов распада меняются в одном ряду в большей мере, чем в актиноурановом ряду.

Одной из очередных задач при изучении возраста по уранинитам является детальное радиохимическое исследование образцов с целью выяснения возможных нарушений радиоактивного равновесия.

Радиоактивное равновесие могло нарушаться благодаря эманированию и выщелачиванию. Этот вопрос должен быть детально изучен для каждого образца, по которому определяется абсолютный возраст горной породы.

Определение возраста древних образований не ограничивается только образцами Карелии. Сейчас мы впервые имели возможность получить результаты по изотопическому составу и для минералов Украины.

Определение изотопического состава было проведено Г. Р. Рик и Г. В. Авдзейко. Материал собран Л. В. Комлевым и Филипповым.

Не будем останавливаться более детально на этих материалах, потому что в последующем докладе Л. В. Комлев полнее осветит этот вопрос, но нужно отметить, что определения возраста в лаборатории по изотопическому составу свинца получились, повидимому, более или менее сходными, если принимать во внимание явление эманирования. Приходится считать способ применения отношений изотопов разумным и рациональным для вычисления цифровых данных о возрасте.

Одну из цифр я хотел бы напомнить, потому что она представляет интерес в связи с тем, что для данной точки было проведено конкретное определение возраста другим методом — аргоновым.

Это определение изотопического состава брёгерита представлено нам Никольским из образцов Елисеевки (Приазовье). Возраст получился следующий:

По общему содержанию свинца — 1800 млн. лет. По отношению $\frac{\text{Pb}^{207}}{\text{U}^{235}}$ — 1948 млн. лет, по отношению $\frac{\text{Pb}^{206}}{\text{U}^{238}}$ — 1790 млн. лет.

Наряду с этим Э. К. Герлингом были получены данные по аргонному методу на мусковите, которые составляют 1930 млн. лет.

Имеется определение возраста по гелию для колумбита. По колумбиту получилась цифра 1400 млн. лет. Это, конечно, совершенно естественно, потому что по гелию большей частью получают несколько заниженные результаты.

Наша основная задача на ближайшие два-три года состоит в детальном изучении пород докембрия.

Задача нашего совещания заключается в том, чтобы детально разобраться во всех вопросах как методики, так и отбора материалов с тем, чтобы мы имели возможность в течение последующих двух-трех лет получить все необходимые данные о возрасте докембрийских образований.

Чего, прежде всего, нам нехватает для решения этой задачи? Одной из основных наших задач является улучшение связи между радиохимиками и геологами. К сожалению, такая связь еще хорошо не налажена.

Очень часто образцы отсылают в лабораторию, которая производит возрастное определение, и только тогда подгоняют все под Прокрустово ложе. Неправильно, конечно, что материалы исследуются радиохимиками до всестороннего их изучения с геологической точки зрения.

Об этом уже много раз говорилось, но приходится еще раз напомнить, чтобы устранить подобные недостатки в нашей работе.

Кроме того, для успешного проведения этой работы необходимо применять параллельно несколько методов определения абсолютного возраста. Совпадение результатов, полученных различными методами, даст полную гарантию правильности полученных цифр.

Какой метод можно применять, в частности, для Украины. Прежде всего, нужно применять свинцовый метод, который проверен у нас на уранините и монаците с последующим определением изотопического состава. Не исключена возможность, что в какой-то мере удастся свинцовый метод применить и для цирконов.

Гелиевый метод можно применять на монаците, колумбите, гранате (на заседании, посвященном методическим вопросам, нужно специально поговорить о применимости гелиевого метода к гранату).

Некоторые гранаты, например, шёрломит, дают очень хорошие результаты, другие же гранаты дают плохие результаты. Поэтому нужно с большой осторожностью подходить к выбору гранатового материала для исследований.

Вопрос о применении для этих целей магнетита до сих пор окончательно еще не решен. Такая работа проводится А. Я. Крыловым и надо надеяться, что в течение ближайшего года будут уже получены результаты и в этом направлении.

Вопрос о применении магнетитов, прежде всего, был связан с

трудностью и сложностью самого анализа по определению необходимых компонентов в магнетите, но, повидимому, помимо этого есть еще какая-то сложность, состоящая в том, что различные магнетиты в зависимости от условий их образования могут быть пригодны или непригодны для целей определения возраста.

Аргоновый метод в настоящее время уже получает распространение. Окончательного утверждения он еще не получил, но, предполагается, что он успешно завоевывает свое надлежащее место среди других методов. И, наконец, стронциевый метод. Он тоже недостаточно внедрен в исследованиях. Практически единственным местом его применения является Институт геологических наук АН УССР. Желательно широкое его внедрение и более глубокое изучение.

У меня складывается впечатление, что стронциевый метод дает несколько завышенные цифры возраста.

Последний вопрос относится к радиохимическому изучению образцов минералов и горных пород.

Еще раз хотелось бы отметить, что сомнений в правильности результатов абсолютного возраста, получаемых радиоактивным методом, в настоящее время не может быть и не должно быть. Сомнения могут возникнуть только в отношении тех цифр, которые иногда, может быть, опрометчиво быстро публикуются.

Основное затруднение в получении правильных значений возраста заключается в тщательном отборе образцов и получении гарантии, что в них не происходили вторичные явления. Хотя мы это знаем, но перед нами всегда встают большие трудности розыска вполне пригодных образцов, и доказательств того, пригоден ли данный образец или нет. Поэтому основная наша задача заключается в выработке критерия, который необходим для установления пригодности или непригодности того или иного образца.

Нужно сказать, что имеются отдельные критерии пригодности образца как для определения свинцовым методом, так и гелиевым, но обычно мало только одного этого критерия, требуется более детальное изучение самих образцов в полевых условиях. Результаты определений необходимо проверять параллельными методами.

В связи с этим, не следует торопиться с выводами на основе каких-то случайно полученных определений образцов.

Здесь необходимо просто отметить, что исполнители-радиохимики часто находятся в очень затруднительном положении. С одной стороны, если получены результаты, то, казалось бы, можно сообщить их интересующимся геологам. Но дело в том, что если эти цифры подходят к геологическим представлениям геологов, то ими начинают активно оперировать, а если нет, то порочат сам радиоактивный метод. В результате такой коллизии получается не совсем благоприятное положение для развития этой работы.

Мы сейчас должны работать совершенно уверенно и получать достоверные результаты, но, наряду с этим, нам очень много могут помочь геологи своими советами в отношении того, как оценить ту

или иную полученную величину возраста. Поэтому в рабочем порядке нужно сообщать цифровые данные о возрасте, но так, чтобы эти цифры не использовались уже как нечто окончательное. Совершенно естественно, что помощь геологов в этом направлении будет чрезвычайно существенной, она поможет направить нашу мысль на подыскание других образцов в других местах, но важно только одно, что величина возраста является тогда надежной, когда она уже со всех сторон апробирована. Апробированных цифр у нас в настоящее время не так много. Можно с уверенностью сказать, что возраст минерала уранинита для Северной Карелии 1700 млн. \pm \pm 100 млн. лет. Это совершенно реальное число, и никаких существенных изменений для этого числа не будет найдено.

Но недостаточно, конечно, тех данных, которые мы имеем. Предстоит еще большая работа. Задача нашего совещания — проанализировать полученные результаты и правильно наметить пути нашей дальнейшей работы; прежде всего, установить те точки, из которых необходимо взять образцы.

Вторая задача — применять в определении абсолютного возраста геологических формаций самые совершенные методы и современное оборудование и аппаратуру.

У нас на совещании присутствуют различные специалисты, что является залогом нашей успешной дальнейшей совместной работы, направленной на решение сложных задач по определению возраста.

Проблема абсолютного возраста является комплексной, требующей совместной деятельности специалистов различных областей науки: химиков, физиков, геологов, радиофизиков и др.

Количество лиц, начинающих заниматься вопросами абсолютного возраста, все увеличивается. Вспомним наше первое заседание, происходившее при активном участии В. И. Вернадского. На этом заседании была подвергнута критике работа радиологов и сам радиоактивный метод определения возраста. Сейчас у геологов отношение к этому методу резко изменилось, и при совместной и слаженной работе его удастся плодотворно использовать.

На одном из заседаний Президиума Академии наук СССР А. Н. Несмеянов указал, что проблема определения абсолютного возраста горных пород является образцом той работы, которой должны заниматься в Академии наук. Эту проблему, имеющую огромное теоретическое и прикладное значение, может осилить только Академия наук при помощи других организаций.

СТРАТИГРАФИЯ ДОКЕМБРИЙСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ УКРАИНСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА И ИХ АБСОЛЮТНЫЙ ВОЗРАСТ

Н. П. Семененко

Перед нами стоит задача внедрения радиоактивных методов определения возраста в геологическую практику. Радиоактивные методы имеют то преимущество, что дают не относительное, а абсолютное летоисчисление геологических формаций, и применение их особенно важно для расчленения древнейших докембрийских образований Украины, для которых еще нет единой схемы возрастных отношений.

Исторически следует остановиться на некоторых схемах возрастных взаимоотношений горных пород для украинского докембрия, предложенных различными авторами, и прежде всего, на схемах Д. Н. Соболева, Н. И. Безбородько, В. И. Лучицкого и П. П. Пятницкого, которые были предложены в разное время для расчленения докембрийских образований Украинского кристаллического массива.

В составе докембрия Д. Н. Соболев выделял четыре комплекса: Тетеревскую серию, Корсаковскую серию, Саксаганскую серию и пост-саксаганский комплекс. Эти серии разделены четырьмя диастрофизмами, к которым приурочены соответствующие интрузии.

Соответственно во второй схеме Н. И. Безбородько выделил четыре эпохи — Волинскую, Тетерево-Бугскую, Криворожскую и Овручскую, между которыми также проходило четыре этапа вулканизма — А, Б, С, Д.

Общими для этих схем являются выделение молодой Овручской серии, следующей за наиболее древней Саксаганской железорудной серией и, наконец, выделение в самостоятельную еще более древнюю толщу кварцитов Корсак Могилы. Д. Н. Соболев выделял самостоятельную Корсаковскую свиту железистых роговиков и белых кварцитов, а Н. И. Безбородько объединил в одну Тетерево-Бугскую свиту железистые кварциты Корсак Могилы, мраморы, графитовые и другие гнейсы.

Все гнейсы Д. Н. Соболев относил к Тетеревской серии, а Н. И. Безбородько, кроме того, выделял Волинскую эпоху, которая представлена мелкозернистыми биотито-плагиоклазовыми гнейсами. Область распространения этих комплексов пород указанными авторами не оконтуривалась.

В своих прежних работах В. И. Луцицкий также считал серию железистых роговиков Корсак Могилы более древними толщами, чем криворожские. Основанием для отнесения кварцитов района Корсак Могилы к более древним образованиям, по сравнению с Кривым Рогом, являлось то, что железорудная формация там пересекалась гранитами, а для криворожских толщ такие пересечения ранее не были известны. Поскольку в последнее время твердо установлены гранитные интрузии внутри криворожской толщи, этот аргумент является не совсем убедительным.

Наличие гальки белых кварцитов в аркозовых песчаниках нижнего отдела Саксаганской железорудной формации побудил ряд авторов высказать предположение о существовании более древней серии белых кварцитов и в связи с этим Д. Н. Соболев параллелизовал белые кварциты с Андреевки с железистыми кварцитами Корсак Могилы.

Следует указать, что железорудная серия по р. Саксагань залегает на толще метабазитов и содержит в себе продукты основных пород — зерна хромита и другие, и под аркозовыми песчаниками нигде не обнаружено древней толщи белых кварцитов. В пользу отнесения железорудных формаций к одному возрасту свидетельствует закономерное залегание этих серий в субмеридиональных складчатых поясах.

Белые кварциты могут являться прослоями в гнейсах и не представляют собой самостоятельные подразделения.

Следует отметить, что возрастные отношения магматических комплексов не сопоставимы в обеих схемах Д. Н. Соболева и Н. И. Безбородько. Д. Н. Соболев не занимался исследованием кристаллических массивов, а пользовался только литературными источниками и при разработке схем допустил произвольное их толкование: ко второму днепровскому диастрофизму он отнес коростышевский гранит Волини и розовые днепровские граниты; к третьему альгонскому диастрофизму — кировский гранит, коростенский гранит и диабазы, а к четвертому пост-саксаганскому диастрофизму рапакиви граниты, габбро и осницкие граниты. Между тем установлено, что кировский гранит является аналогом коростышевского гранита, а рапакиви и коростенские граниты являются только фациальными разновидностями. Таким образом, фациальные разновидности одних и тех же гранитов отнесены Д. Н. Соболевым к различным эпохам.

Вместе с тем Д. Н. Соболев, не имея прямых доказательств и исходя из общих геологических структурных соображений, нам кажется, правильно отнес кировский гранит к пост-саксаганской группе.

В схеме Н. И. Безбородько выделено также четыре магматических этапа, и в каждом из этапов выделено несколько вулканических фаз.

В схеме вулканизма Н. И. Безбородько также допущено ряд неверных положений: кировский гранит по этой схеме является более молодым, чем днепровский. Между тем установлено, что они пересекаются днепровскими гранитами. В этой схеме все магматические породы, кроме комплекса габбро и рапакиви, древнее эпохи Криворожья, что является также неверным, и в этой части схема является шагом назад, в сравнении со схемой Д. Н. Соболева.

Рапакиви и коростенские граниты являются здесь древнее овручских песчаников, хотя они, как это установлено сейчас, являются, несомненно, моложе этой серии. Неправильно в этой схеме проведена и аналогия между житомирским и токовским гранитами.

Шагом вперед является последняя схема В. И. Лучицкого. В этой схеме также выделяются четыре комплекса пород: днепровский, тетерево-бугский, криворожский и киевский; пятый — палеозойский мариупольский магматический комплекс. В схеме В. И. Лучицкого, как и в схеме Н. И. Безбородько, до криворожской эпохи выделяются два комплекса гнейсов, из них к древним отнесены гнейсы бассейна р. Тикич, а все остальные и подавляющая часть гранитов отнесена к тетерево-бугскому комплексу. Все железорудные комплексы кристаллического массива отнесены к одному возрасту.

В криворожском комплексе В. И. Лучицкий, на основании наших данных, выделяет пост-саксаганские граниты.

В последней схеме П. П. Пятницкого 1938 г. заложены основы принципиально нового понимания геологической истории Украинского кристаллического массива. По этой схеме в пост-саксаганский период была развита интенсивная магматическая деятельность, приведшая к образованию гнейсовых толщ. П. П. Пятницкий справедливо считает все железорудные толщи разновозрастными; гнейсы тетерево-бугской свиты и граниты по его схеме моложе железорудной формации Кривого Рога.

Вопрос об установлении возрастных отношений пород является крайне сложным и в ряде случаев не может быть однозначно решен.

В Институте геологии АН УССР большим коллективом научных сотрудников (т.т. Л. Г. Ткачуком, И. Л. Личаком, Ю. Ю. Юрком, И. С. Усенко, С. П. Родионовым, Р. И. Сироштаном, В. Д. Степанец, И. Д. Царовским и др.) проведено детальное изучение многих районов кристаллического массива. Эти работы позволили несколько продвинуться вперед в отношении понимания взаимоотношений горных пород и развили новую методику комплексного структурно-петрографического исследования. Успешное применение этой методики в последнее время в различных участках кристаллического массива позволило значительно уточнить и по новому решить вопрос о возрастных соотношениях докембрийских комплексов. При сопоставлении схемы возрастных отношений докембрийских отложений Украинского кристаллического массива мы пользовались критериями

структурного картирования, а именно: изучались включения ксенолитов в интрузивных массивах и мигматитах; включения галек древних пород, взаимные пересечения интрузивных пород и их ориентировки; структуры рассланцеваний, милонитизация, образования вторичных сланцев, смятия и разрывы одних направлений складчатых структур другими.

На базе этих материалов стало возможным составление структурно-петрографической карты для всего кристаллического массива в масштабе 1 : 500 000.

Детальное картирование геолого-структурных элементов больших площадей кристаллического массива позволило выделять крупные регионы сложенные комплексами, подчиненными определенным складчатым системам, формирование которых связано с единым тектоно-магматическим циклом.

Наконец, для сопоставления комплексов используется метод петрографических аналогий, однако этот метод требует особой осторожности, так как сходные типы гранитов и других пород, как это нами установлено, повторяются в различных системах.

Кроме развития детальных структурно-геологических и петрогенетических исследований, в последние годы проведена и значительная работа по определению абсолютного возраста горных пород докембрия. Большую работу по отбору необходимых минералов сделали сотрудники Института геологии АН УССР: Ивантшин М. Н., Царовский И. Д., Юрк Ю. Ю. и др. Определения возраста ряда образцов в Институте геологии АН УССР свинцовым методом проведены Ю. Я. Горным, а аргоновым и рубидиево-стронциевым методом членом-корреспондентом АН УССР Е. С. Буркесом. Ряд определений возраста проведены И. П. Боровским в ИГН АН СССР рентгено-спектральным методом на образцах монацита из Украинского кристаллического массива, представленных Институтом геологии АН УССР, а также образцах, отобранных Г. Т. Кравченко.

Для ряда одних и тех же пород Украинского кристаллического массива сделаны параллельные определения абсолютного возраста различными радиоактивными методами в разных геохронологических лабораториях (в Институте радия АН СССР, ВСЕГЕИ и др.). Эти определения показывают во многих случаях еще значительные расхождения, хотя уже ряд цифр может служить основанием для возрастных подразделений.

В большинстве предложенных стратиграфических схемах к древнейшим образованиям Украинского кристаллического массива относятся плагиоклазовые граниты или гранитоиды р. Днепра — бугитовая серия чарнокито-монзонитов, чудновско-бердичевские граниты и интродуцированные ими толщи гнейсов.

Все эти метаморфические и магматические образования в основном подчинены северо-западному простиранию и слагают крупный регион Побужской складчато-орогенной системы северо-западного простирания.

Л. Г. Ткачуком в бассейне рр. Ольшанки и Ташлыка установлено, что биотито- и пироксено-плагиоклазовые гнейсы, интродуцированные пироксено-биотитовыми гранитами чарнокито-монцитового комплекса, пересекаются серыми житомирскими гранитами, которые широко развиты к востоку на Ингуло-Ингулецком водоразделе. В свою очередь, житомирские граниты здесь пересекаются днепровскими аплитовидными гранитами, а эти последние—гранитами рапакиви. Отсюда устанавливается древний возраст толщи, слагающих Побужский комплекс.

Исследованиями сотрудника Института геологии АН УССР А. Я. Хатунцевой на р. Случь и Горынь в северо-западной части кристаллического массива установлено, что чудновско-бердичевские кордиерито-гранатовые граниты и их мигматиты пересекаются жилами серого житомирского гранита и их аплитами и пегматитами. Житомирские серые мелкозернистые граниты являются фацией порфировых коростышевских гранитов и они относятся, очевидно, к петрографическим аналогам кировских гранитов Ингуло-Ингулецкого водораздела. Ю. Ю. Юрком, в свою очередь, описаны непосредственные пересечения житомирских гранитов коростенскими гранитами и рапакиви.

Таким образом, чудновско-бердичевские граниты и интродуцированные ими биотито-кордиерито-гранатовые гнейсы также являются древнейшими образованиями. Согласно нашим исследованиям, по Днепру комплекс биотито-амфиболо-плагиоклазовых гнейсов Днепра, интродуцированный кременчугскими плагиоклазовыми гранитами, подчинен, также как и побужский комплекс, северо-западным складчатым структурам. Здесь в районе с. Ануфриевки по р. Омельник и в других участках они отчетливо нарушаются субмеридиональными саксаганскими структурами, в синклинальных складках которых развиты железорудные серии Кременчугской аномалии и многочисленных аномалий субмеридионального пояса правобережья Днепра.

Плагиоклазовые граниты пересекаются здесь в сс. Чиклиевке и Редуты серыми гранитами и более поздними розовыми днепровскими гранитами, а эти последние, в свою очередь, секутся дайками в других участках гранитов.

Таким образом, нами установлено, что днепровская серия биотито-плагиоклазовых и роговообманковых гнейсов и биотито-плагиоклазовые кременчугские граниты, простирающиеся в северо-западном направлении, являются древнее железорудных формаций, подчиненных субмеридиональным складчатым структурам и, повидному, принадлежат к одной складчатой орогенной системе с побужским комплексом.

В бассейне р. Тикичей развиты звенигородские плагиоклазовые граниты, являющиеся петрографическим аналогом кременчугских плагиоклазовых гранитов. Этот комплекс гранитов вместе с интродуцированными ими черными гнейсами является в бассейне рр. Тикичей древним.

По данным новейших исследований Ю. Ю. Юрка в бассейне

рр. Тикичей и Синюхи буковские амфиболовые гранодиориты, местами превращенные в милониты, во вторичные ортогнейсы, являющиеся аналогами звенигородских гранодиоритов, внедрение которых в толщу гнейсов связано с формированием северо-западных складчатых структур. Они рассекаются уманскими гранитами и их аплитовидными и пегматоидными фациями, которые внедряются в связи с субмеридиональными дислокациями. Уманские граниты Ю. Ю. Юрк параллелизуют с Кировскими гранитами.

В этом районе наблюдаются амфиболиты, содержащие, по данным Ю. Ю. Юрка, пирротин с вростками пентлантида, что позволяет относить их к метаморфизованным ультраосновным породам, внедренным согласно в толщу гнейсов. Амфиболиты наблюдаются в виде ксенолитов в чарнокито-монцонитах Побужья.

Внутри этого бужско-днепровского комплекса наблюдается, сохраняющаяся в отдельных синклиналиях, серия метаморфических пород, выделенная в хашчеватско-завальевский комплекс. Она сложена мраморами, графитовыми гнейсами, магнетитовыми кварцитами, силлиманито-биотитовыми гнейсами, с прослойками в нижней части ультрабазитов и представляют собой, повидимому, верхний гнейсовый комплекс, залегающий на нерасчлененных пироксено-плагиоклазовых гнейсах.

Здесь наблюдается такая стратиграфическая последовательность сверху вниз:

1. Мраморы, в толще которых залегают марганцевые руды с. Хощеватого, представленные, повидимому, карбонатно-марганцевой фацией, первичная природа которой до сих пор не вскрыта.

2. Графитовые гнейсы с прослоями кварцитов.

3. Комплекс силлиманитовых и кордиеритовых гнейсов, переслаивающихся с железистыми магнетито-пироксеновыми и гранатовыми кварцитами с прослоями ультрабазитов и метабазитов.

В основании этой серии залегают пироксено-плагиоклазовые гнейсы.

Этот комплекс фиксируется на Побужье по р. Синюхе магнитными аномалиями, из которых крупнейшей является Грушковская аномалия.

Ультрабазиты и метабазиты Побужья представляют, повидимому, метаморфизованные покровы эффузивов ультраосновных и основных лав, согласно переслаивающиеся с гнейсами в основании хашчеватского и завальевского комплексов и отчасти и экструзивы, залегающие среди более глубоких горизонтов.

В состав древнейших образований Украинского кристаллического массива, объединенных в бужско-днепровскую серию, слогающую Бужские складчатые сооружения северо-западного простирания, входят следовательно, такие пространственно разобщенные комплексы.

Кордиерито-гранатовые гнейсы Подолии, интродуцированные чуждовско-бердичевскими гранитами; биотито-роговообманковые гнейсы р. Днепра, интродуцированные плагиоклазовыми гранитами; пи-

роксено-плаггиоклазовые гнейсы и их верхняя хошеватско-завальевская свита метаморфических пород, интродуцированная чарнокито-монацитами.

Возрастные соотношения между этими комплексами не установлены. Бужско-днепровскую гнейсовую серию, как древнейшую, следует отнести к нижнему архею. Абсолютный возраст этих образований, определен в большинстве по монациту из чудновско-бердичевских гранитов.

Характерной особенностью этого гранитного массива является то, что он регионально монацитоносен, и поэтому в различных участках его собрано было много образцов монацита, использованных для определения абсолютного возраста.

Определения делались различными лабораториями, и были получены такие данные:

р. Гнилопять, с. Жежелев. Монацит из чудновско-бердичевского гранита, образец 179/49-2 взят М. Н. Ивантишиным, определение И. П. Боровского рентгено-спектральным методом по приближенной формуле без поправок — 1,9 млрд. лет, с поправкой на изотопный состав — 1,7 млрд. лет. По определению Ю. Я. Горного, свинцовым методом в лаборатории Института геологии АН УССР — 1,747 млрд. лет.

р. Гнилопять. Монацит из россыпи, образец ГН/49-2 взят М. Н. Ивантишиным, определение И. П. Боровского рентгено-спектральным методом по приближенной формуле без поправок — 2,3 млрд. лет, с поправкой на изотопный состав — 2,1 млрд. лет. По определению Ю. Я. Горного, свинцовым методом в лаборатории Института геологии АН УССР — 1,574 млрд. лет.

р. Роставица, с. Дергановка. Монацит из каолина бердичевского гранита, образец 961/49 взят М. Н. Ивантишиным, по определению И. П. Боровского рентгено-спектральным методом по приближенной формуле без поправок — 1,5 млрд. лет, с поправкой на изотопный состав — 1,3 млрд. лет. По определению Ю. Я. Горного, свинцовым методом в лаборатории Института геологии АН УССР — 1,968 млрд. лет.

р. Гнилопять, с. Жежелев. Монацит из серых чудновско-бердичевских гранитов, образец 18, сбор. Г. Т. Кравченко, по определению И. П. Боровского рентгено-спектральным методом по приближенной формуле без поправок — 2,4 млрд. лет, с поправкой на изотопный состав — 2,1 млрд. лет. По уточненной формуле без поправок — 2,2 млрд. лет, с поправкой на изотопный состав — 2,0 млрд. лет.

р. Гнилопять, с. Железняки. Монацит из серых мелкозернистых бердичевских гранитов, образец 17, сбор. Г. Т. Кравченко, по определению И. П. Боровского рентгено-спектральным методом по приближенной формуле без поправок — 2,3 млрд. лет, с поправкой на изотопный состав — 2,1 млрд. лет. По уточненной формуле без поправок — 2,2 млрд. лет, с поправкой на изотопный состав — 2,0 млрд. лет.

Бас. р. С о б ь, — р. Н е м е н к а. Светлосерые биотитовые граниты, образец 26, сбор Г. Т. Кравченко, по определению И. П. Боровского рентгено-спектральным методом по приближенной формуле без поправок — 2,3 млрд. лет, с поправкой на изотопный состав — 2,1 млрд. лет. По уточненной формуле без поправок — 2,2 млрд. лет, с поправкой на изотопный состав — 2,0 млрд. лет.

Не все результаты определения абсолютного возраста имеют сходжение, но в общем они отображают древний возраст этих образований и для чудновско-бердичевских гранитов устанавливается — 2,0 млрд. лет.

Для звенигородских гранодиоритов имеется одно определение абсолютного возраста по монациту из каолина, отобранного Г. Т. Кравченко в с. Бузиевке, образец 23, по определению И. П. Боровского рентгено-спектральным методом возраст по приближенной формуле равен без поправок — 2,6 млрд. лет, с поправкой на изотопный состав — 2,4 млрд. лет; по уточненной формуле без поправки — 2,5 млрд. лет, с поправкой на изотопный состав — 2,2 млрд. лет.

По определениям Л. В. Комлева (Институт радия АН СССР) возраст монацита из Сабаровского карьера по свинцовому методу определяется в 1,9 млрд. лет, а возраст монацита из красного аплитовидного гранита в с. Литин в 2 млрд. лет. Следует отметить, что в области развития чарнокито-монцитов Побужья красные аплитопегматиты являются более молодыми образованиями.

Еще сравнительно недавно считали, что после отложения железистых роговиков и сланцев Кривого Рога не было гранитных интрузий. Однако работами последних десяти лет установлено, что Криворожские метаморфические толщи интродуцированы серыми гранитами Ингулецкого интрузивного комплекса, внедренными согласно, в связи с формированием субмеридиональных складчатых зон. Кроме того, эта толща прорывается молодыми розовыми гранитами днепровско-токовско-боковьянского интрузивного комплекса, внедренными в связи с позднейшими поперечными субширотными дислокациями.

Детальными структурно-петрографическими исследованиями Н. П. Семененко, Р. И. Сироштана, В. Д. Степанец, проведенными в 1948—1949 годах установлено, что мигматиты р. Ингульца, к западу от Криворожской синклинальной полосы железорудной серии, включают в себя впайки мигматизированных сланцев и железистых роговиков. Эти зоны мигматитов с впаиками ксенолитов железорудной серии распространены в виде синклиналиных зон, вытянутых в субмеридиональном направлении. Они наблюдаются также в виде многочисленных магнитных аномалий, распространенных в полосе шириной до 15—20 км, прослеживающейся в субмеридиональном направлении, на протяжении 200 км. Породы железорудной серии включены не только в мигматитах серых гранитов р. Ингульца, но и рассекаются более молодыми красными гранитами.

В последнее время разведочным бурением в северной части Желторецкой полосы установлено внедрение и мигматизация сланцев

железорудной серии, как серыми гранитами, так и еще более широко, днепровскими красными гранитами.

Исходя из этих наблюдений, устанавливающих, что железорудные серии включены в мигматитах серых ингулецких гранитов, можно сделать два предположения: отнести ингулецкий интрузивный комплекс к пост-протерозойским образованиям или саксаганскую железорудную серию — к верхнему архею.

Абсолютный возраст кировских порфировых гранитов по ортиту из б. Демуриной (с. Тамаровка) свинцовым методом определен Ю. Я. Горным в Институте геологии АН УССР в 1,97 млрд. лет ($\text{Th} = 0,52\%$; $\text{U} = 0,019\%$; $\text{Pb} = 0,066\%$).

Для Уманского гранитного массива, пересекающего более древние гранодиориты, который Ю. Ю. Юрк относит к кировоградскому комплексу, имеется несколько определений возраста по монациту.

Для образца монацита 15/44, взятого Ю. Ю. Юрком в с. Ново-Архангельском по р. Синюхе, рентгено-спектральным методом И. П. Боровским определен возраст по приближенной формуле без поправки 1,7 млрд. лет, по уточненной формуле — 1,5 млрд. лет.

Для образца монацита 3, взятого Г. Т. Кравченко по б. Хвартуковой р. Торговицы в районе с. Ново-Архангельского, из розового аплитовидного гранита рентгено-спектральным методом И. П. Боровским определен возраст по приближенной формуле без поправок — 2,0 млрд. лет, с поправкой — 1,8 млрд. лет; по уточненной формуле без поправок — 1,9 млрд. лет, с поправкой — 1,7 млрд. лет, а для монацита образца 12 из пегматитовой жилы, секущей эти розовые аплитовидные граниты, возраст определен по приближенной формуле — 2,2—2 млрд. лет по уточненной формуле — 2,1—1,9 млрд. лет. Здесь наблюдается несоответствие геологических данных с определениями абсолютного возраста; в секущей жиле возраст на 200 млн. лет больше, чем во вмещающем их граните.

Для района р. Случа из с. Острополя имеются определения возраста для серых древних крупнозернистых гранитов чудновско-бердичевского типа и для молодых секущих пегматитовых жил. Так, в образце монацита 15, взятом Г. Т. Кравченко по р. Жилка (район Острополя) из серых гранитов рентгено-спектральным методом И. П. Боровским определен возраст по приближенной формуле — 2,0—1,8 млрд. лет и по уточненной формуле 1,9—1,7 млрд. лет, а для образца монацита 14 из пегматита, секущего эти граниты возраст определен по приближенной формуле 1,7—1,5 млрд. лет; по уточненной формуле 1,6—1,4 млрд. лет.

Из этих же розовых молодых гранитов района Острополя по р. Случь, по монациту 468/49, взятому М. Н. Ивантишиным, определен по приближенной формуле И. П. Боровским возраст 1,5—1,3 млрд. лет, а свинцовым методом Ю. Я. Горным — 1,767 млрд. лет. В данном случае сходимости результатов определения возраста нет и геологическое положение этих секущих розовых гранитов также не датировано.

Саксаганская железорудная серия была отнесена в последней стратиграфической схеме П. П. Пятницкого к архею. Абсолютный возраст более молодых, в сравнении с кировскими гранитами, красных днепровско-токовских гранитов, секущих железорудную серию, определяется свинцовым методом 1250—1300—1500 млн. лет. Имеется определение возраста минерала для саксаганской серии свинцовым методом в 2000 млн. лет. Поэтому есть основание пересмотреть вопрос о возрасте саксаганской железорудной серии и отнести ее к верхнему архею. Таким образом, устанавливается аналогия со стратиграфией докембрия Кольского полуострова, где свиты железорудных сланцев и роговиков залегают также в верхнем архее.

Стратиграфическое соотношение саксаганской железорудной серии с подстилающими и прикрывающими ее свитами, представляется в следующем виде. На толщах биотитовых и биотито-гранатовых и пироксеновых гнейсов, развитых в бассейнах р. Саксагани и р. Бузулука и Ингуло-Ингулецкого водораздела, подчиняющихся, также как и саксаганская железорудная формация, субмеридиональным складчатым орогенным системам, залегают серия метабазитов, которая представляет собой древние метаморфизованные эффузивные породы. Мощность их покровов достигает 1—3 км. Эта зеленокаменная серия метабазитов подстилает железорудные формации и распространена в субмеридиональных складчатых поясах.

На зеленокаменных породах залегают нижний песчано-сланцевый отдел саксаганской серии, представленный аркозовыми песчаниками и филлитами, заканчивающийся в конце магнетито-талковым горизонтом. Выше залегают средний железорудный отдел саксаганской серии, состоящий из перемежающихся горизонтов железистых роговиков со сланцами.

В других участках кристаллического массива количество и мощность железистых горизонтов являются невыдержанными и они чередуются с метаморфизованными туфогенными вулканогенными продуктами. На среднем железорудном отделе саксаганской серии залегают несогласно верхнесланцевая свита. В основании этой толщи наблюдаются местами конгломераты, встреченные в районе рудника ГПУ, в верховьях балки Дубовой, а также в Кременчугской магнитной аномалии. В верховьях б. Дубовой, среди сланцев верхнего отдела, вскрыта толща конгломератов, в которой обнаружена галька плагиоклазовых гранитов типа Кременчугских. Под конгломератами скважиной 512 установлены железистые сланцы.

Верхнесланцевая толща состоит из пестрой серии сланцев, содержащих в нижней части углисто-глинистые сланцы, а также белые кварцито-песчаники и прослои известковых пород. Местами толща белых кварцитов достигает значительных размеров. Эта серия углистых сланцев, залегающая на железистых роговиках, местами переходит в графитовые сланцы и гнейсы.

Полевошпатизация сланцев железорудной серии и переход в гнейсы отмечается во многих районах в северной части Желтянской

синклинальной полосы, Конкской магнитной аномалии, в Ореховской и Павлоградской зонах магнитных аномалий.

Резкое изменение метаморфических фаций саксаганской железорудной серии затрудняет корреляцию разреза в различных участках. Стратиграфия этих толщ является невыдержанной в деталях.

В Центральной части кристаллического массива толща железорудной серии и подстилающей их серии метабазитов и гнейсов, слагающих субмеридиональные складчатые пояса, нарушаются поперечными деформациями, с которыми связана интрузия молодых красных гранитов. Массивы молодых красных гранитов, пересекающие кировоградско-ингулецкий комплекс в ряде участков, получили различное название: днепровских, токовских, боковянских и верблюжских гранитов. Их внедрение связывается с формированием субширотных складчатых поясов, накладывающихся на субмеридиональные складчатые сооружения. Условно они могут быть отнесены к протерозойскому возрасту. Для этих гранитов имеется ряд определений абсолютного возраста. Так, по свинцовому методу возраст гидротермальных минералов, связываемых с этими гранитами, определяется в 1,200—1,300—1,500 млрд. лет (определения Ю. Я. Горного в лаборатории Института геологии Академии наук УССР).

Возраст красного гранита Демурино-антиклинала по ториту определен свинцовым методом Л. В. Комлевым (Институт радия АН СССР) 1,2 млрд. лет, а возраст гранита по монациту из с. Братолобовки — в 1,5 млрд. лет.

Л. В. Комлев для дайки красного аплита по монациту определил возраст в 1,6 млрд. лет. Дайка залегает в Кировоградском граните по б. Водяной у с. Шевченково.

В северо-западной части кристаллического массива на Волыни развита Овручская толща кварцитов, песчаников, филлитов и пиррофиллитовых сланцев, которая относится к наиболее молодым отложениям в украинском кристаллическом массиве.

В связи с плохой обнаженностью района ранее предполагали, что Овручская серия залегает на кристаллическом фундаменте в ненарушенном залегании и что после ее отложения никаких интрузий не происходило.

Работами И. Л. Личака в последнее время установлено, что Овручская серия представляет собой складчатую толщу интродуцированную, повидимому как пержанскими гранитами, включающими в себя ксенолиты кварцитов и сланцев, так и более молодыми коростенскими гранитами. Установлено, что Овручская серия и структуры, заключенные внутри этих гранитов, подчиняются субширотным северо-восточным складчатым направлениям. Такие же субширотные направления складчатой структуры наблюдаются и в оснических гранитах.

Л. Г. Ткачуком в районе развития оснических гранитов в пределах Ровенской области установлены следующие возрастные соотношения пород снизу вверх:

- 1) отложения глинисто-песчаной толщи осадков, давшие гнейсы;

- 2) внедрение и излияние ультраосновных магм, давших габбро-амфиболиты Грубашева;
- 3) интрузии ингулецко-кировоградского комплекса гранитов;
- 4) интрузия осницкого комплекса гранитов.

Л. Г. Ткачук считал, что после интрузии осницких гранитов отлагалась серия овручских песчаников и интродуцированная позднее коростенским интрузивным комплексом габбро- и гранитов рапакиви. Однако в свете новых данных эта схема соотношения осницких гранитов с овручскими кварцитами подлежит пересмотру.

Внутри осницких гранитов наблюдаются включения ксенолитов «клессовитов», сохраняющих субширотное простирание, которые Малковским были приняты за мигматизированные кварциты овручской свиты.

Л. Г. Ткачук считает, что «клессовиты» являются аплитами осницкого комплекса, интрузия которых предшествовала внедрению собственно осницких гранитов.

Как уже отмечалось выше, исследованиями И. Л. Личака в последние годы установлено широкое развитие мигматизированных ксенолитов овручских кварцитов и сланцев в гранитах. Эти включения имеют субширотные северо-восточные простирания, также как и простирания овручской серии, и эти же субширотные северо-восточные простирания свойственны и структурам истечения осницких гранитов. Поэтому есть основание предполагать, что осницкие граниты интродуцировали овручскую серию в связи с субширотной северо-восточной складчатостью. Продуктами мигматизации овручских кварцитов и являются, очевидно, «клессовиты».

Овручскую серию, вероятно, можно отнести к протерозою и осницкий интрузивный комплекс параллелизовать с днепровско-токовско-боковянским интрузивным комплексом центральной части кристаллического массива, внедрение которого связывается также с субширотными дислокациями.

Еще более молодыми образованиями в Украинском кристаллическом массиве являются массивы габбро, окруженные коростенскими гранитами и рапакиви, получившими название коростенского интрузивного комплекса.

Как отмечалось выше, коростенские граниты пересекают овручскую серию и являются моложе как житомирских, так возможно и осницких гранитов.

Этот комплекс развит на Волыни в районе Коростеня и Владимира-Волынского, а также в Черкасском районе, Киевской области по рр. Ольшанке и Ташлык, в окрестностях Корсуня, Ново-Миргорода и др. Они представляют собой сложные многофазные связанные с разломами плутоны, которые внедрялись в кристаллический массив, являвшийся на этом этапе платформенным участком.

Для Коростенского комплекса гранитов и рапакиви имеются определения абсолютного возраста различными методами. Рентгено-спектральным методом по активным минералам, включенным в флюорите из пегматитов, И. П. Боровским определен возраст

410 млн. лет, а по аргоновому методу, образец 253, возраст определен в 1040—1050 и 750 млн. лет (Институт геологических наук АН УССР, Е. С. Бурксер).

Явно завышенные результаты получены аргоновым методом в Лаборатории ВСЕГЕИ; по определениям Е. И. Полевой, для украинских очковых рапакиви получен возраст 1,4 млрд. лет, а для мелкозернистых рапакиви — 1,520 — 1,580 млрд. лет.

Вопрос о верхней границе протерозойских образований и их отношений к нижнему палеозою для Украинского кристаллического массива не решен.

В результате обработки разведочных буровых материалов, в последнее время П. Л. Шульгой установлено, что к западу от кристаллического массива в районе р. Горыни и других под нижним кембрием залегает проблематическая острожская серия. Эта древняя серия представлена аркозовыми песчаниками, которые содержат в себе прослойки гальки кварцитов. Такие же прослойки конгломератов, содержащие петрографически подобные гальки кварцитов наблюдаются и в овручской свите пород. Внутри острожской серии залегает эффузивная толща с видимой мощностью более 130 м, состоящая из диабазов, спилитов и трахидолеритов. Эта эффузивная толща обнажается по р. Горыни и в районе Яновой долины.

Повидимому, острожская серия представляет собой рифейские образования.

В Приазовской части кристаллического массива к одним из наиболее молодых образований относится щелочный интрузивный комплекс. Этот комплекс пород В. И. Лучицкий, на основе петрографической аналогии с дайковыми породами Донецкого бассейна, отнес к герцинским образованиям, а по определениям И. Д. Царовского, — к нижнепалеозойским образованиям.

Абсолютный возраст Дубовских гранитов, входящих в щелочной комплекс, определен различными методами: по ториту рентгено-спектральным методом И. П. Боровским определен возраст 400 млн. лет, Ю. Я. Горным в Институте геологии АН УССР свинцовым методом по ториту определен возраст 219 млн. лет. По циркону гелиевым методом в АН УССР возраст равен 460 млн. лет. Рубидиево-стронциевым методом по амазониту Е. С. Бурксером определен возраст 410—547 млн. лет.

В общем все эти определения свидетельствуют о молодом последокембрийском, вероятно, нижнепалеозойском возрасте дубовских гранитов.

Для екатериновских гранитов, которые, по геологическим данным, исследователи склонны относить к более молодым образованиям, чем щелочный комплекс Приазовья, аргоновым методом Е. С. Бурксер определил возраст 1100—1136 млн. лет.

Следует отметить, что по Приазовью наибольшее количество определений абсолютного возраста имеется для елисеевских пегматитов, и они показывают большое расхождение результатов, полученных в разных лабораториях. Так, по сообщению члена-коррес-

пондента И. Е. Старик, по свинцовому методу возраст елисейских пегматитов определяется 1,948—1,880—1,790 млрд. лет, по колумбиту — 1400 млрд. лет, по мусковиту — 1930 млрд. лет.

Рентгено-спектральным методом по приазовиту И. П. Боровским определен возраст елисейских пегматитов 600 млн. лет, а в лаборатории Института геологии АН УССР Ю. Я. Горным свинцовым методом определен возраст пегматитов 868 млн. лет.

Е. С. Бурксер аргоновым методом по полевому шпату из елисейских пегматитов определил возраст 1 562 млн. лет. Аргоновым методом Э. Р. Герлинг в Лаборатории геологии докембрия АН СССР по полевому шпату из елисейских пегматитов определен возраст 1,950 и по слюде 1,920 млрд. лет. Эти расхождения объясняются, очевидно, недоработанностью методик в различных лабораториях.

В кристаллическом массиве имеются и более молодые дайковые породы, среди которых есть и образования мезозойского возраста.

В свете изложенного и представлена здесь схема возрастного соотношения пород кристаллического массива (схема). Имеется очень много спорных вопросов, особенно когда мы начинаем детально на карте относить различные территориально удаленные комплексы к одному возрасту, в таких участках, где эти соотношения не установлены. Ю. Ю. Юрк, например, предложил железистые породы в хоцеватско-завальевском комплексе сопоставить с кировоградскими. Кировоградские граниты очень пестрые по составу, имеют переходы от микроклиновых к плагиоклазовым разновидностям, где количество микроклиновых молекул 10% и их трудно отличать от плагиоклазовых гранитов Кременчуга. Это наводит Ю. И. Половинкину на мысль, что может быть это одновозрастные образования, но пересечения древних гранитов Кременчуга, Буки, Звенигородки и Случа, отмеченные выше, говорят о том, что кировоградско-житомирские граниты более молодые. Боковянские и осницкие граниты некоторые исследователи склонны относить к коростенскому комплексу.

Ряд образцов порфировых гранитов Верблюжского массива от кировоградских порфировых гранитов микроскопически не отличаются. Значит, метод петрографической аналогии часто не дает надежных критериев для сравнения этих образований, поэтому остаются нерешенными ряд спорных вопросов. Наряду с тем, что необходимо совершенствовать методику структурно-петрографического исследования, детальных петрохимических и радиохимических определений пород, мы должны всемерно развивать методы определения абсолютного возраста пород, и для этой работы необходимо объединить коллективы радиохимиков, имеющиеся в Советском Союзе, для комплексной работы на тщательно отобранных материалах из пород в украинском докембрии, для определения возраста различными методами. Нет сомнения через год-два мы получим уверенные результаты, и, возможно, мы, геологи, перейдем к этому методу, как к рабочему и будем им пользоваться так же надежно, как пользуемся методами палеонтологии.

Схема стратиграфии Украинского кристаллического массива (1949 год)
(Н. П. Семеновко)

Эра и абсолютный возраст	Складчатосторогенные системы	Серии и комплексы	Осадочно-метаморфические и изверженные породы
Нижний палеозой 450—600 млн. лет	Связанные с разломами плутоны	Приазовский щелочной комплекс пятого интрузивного цикла	Дайковый комплекс Интрузии щелочных пород Приазовья
Верхний протерозой 700—1000	Связанные с разломами плутоны	Коростенский интрузивный комплекс четвертого интрузивного цикла	Интрузии массивов габбро, коростенских и рапакиви гранитов
Протерозой 1300—1500 млн. лет	Волынская субширотная складчатость северо-восточного простирания	Большой перерыв	
		Днепровско-Токовско-Боковьянский комплекс третьего интрузивного цикла. Овручская серия	Дайки базальта и диабаз Интрузии красных порфировидных и аплитондных гранитов и связанные с ними монзониты Днепровских, Токовских, Верблюжских, Боковьянских и Осницких массивов Комплекс кварцитов, филлитовых и пиропиллитовых сланцев
Верхний архей	Саксаганская складчатость субмеридионального простирания	Большой перерыв	
		Ингулеcko-кировоградский интрузивный комплекс второго интрузивного цикла	Интрузии Ингулецкого интрузивного комплекса порфировых кировских гранитов и серых мелкозернистых Житомирско-Ингулецких гранитов
		Саксаганская железорудная серия	III Верхнесланцевый криворожский отдел сланцев и гнейсов с прослоями графитовых и углстых сланцев и прослоями кварцитов и редко мраморов
Перерыв			
II Средний железорудный отдел Саксаганской серии, состоящий из переслаивающихся горизонтов железистых роговиков и сланцев			
I Нижний аркозово-филлитовый отдел Саксаганской серии, состоящий из аркозовых песчаников, кварцитов, филлитов и слюдяных сланцев и верхнего горизонта тальково-магнезитовых и актинолитовых сланцев			

Продолжение

Эра и абсолютный возраст	Складчатосторогенные системы	Серии и комплексы	Осадочно-метаморфические и изверженные породы
Верхний архей	Саксаганская складчатость субмеридионального простирания	Серия метабазитов	Перерыв Излияние основных лав, давших толщи метабазитов
		Ингуло-Ингулецкая гнейсовая серия	Перерыв Биотитовые, биотито-гранатовые гнейсы рр. Саксагани и Бузулука. Биотитовые, биотито-пироксеновые и гранатовые гнейсы рр. Ингульца и Ингула
Большой перерыв			
Нижний архей 2000 млн. лет	Бужская складчатость северо-западного простирания	Бужско-Подольские интрузивные комплексы первого интрузивного цикла	Интрузии магматических комплексов: чарнокито-монзонитов, чудновско-бердичевских гранитов, кременчугских плагноклазовых гранитов, звенигородских гранодиоритов
		Бужско-Днепровская гнейсовая серия	II Хощеватско-Завальевский комплекс: 1) Мраморы с прослоями марганцевых фаций 2) Графитовые биотитовые гнейсы с прослоями кварцита 3) Железистые магнетитовые силикатные кварциты, силлиманито-биотитовые гнейсы; ультрабазиты и метабазиты, представляющие излияния и экструзии основных лав I Побужский комплекс пироксено-плагноклазовых и биотитовых гнейсов с прослоями мрамора; Подольский комплекс биотито-гранато-кордиеритовых гнейсов р. Буга, р. Гнилопяти и др. Днепровский комплекс биотито-амфиболовых гнейсов р. Днепра (р. Романково и др.)

О ВОЗРАСТЕ НЕКОТОРЫХ АРХЕЙСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ УССР

Л. В. Комлев

Геологическое изучение Украинского кристаллического массива имеет свои специфические особенности. Они заключаются в том, что свыше 90% площади Украинского кристаллического массива закрыто молодыми отложениями и, потому естественно, даже сводные геологические карты являются лишь рабочей гипотезой, в той или иной степени отвечающей имеющейся совокупности геологических наблюдений.

Эти наблюдения далеко недостаточны для правильного оконтуривания даже крупнейших геологических комплексов. Именно этим и объясняется, что для Украины имеется в настоящее время уже 14 схем возрастного расчленения. Последние две мы заслушали на предыдущем заседании. Обилие таких гипотетических рабочих схем расчленения докембрия Украины, с одной стороны, свидетельствует о большой творческой работе украинских геологов, а с другой — совершенно определенно свидетельствует о резком недостатке фактических материалов, которые позволяют проводить трактовку различными, иногда взаимно исключающими способами. Некоторые из 14, как я насчитал, предложенных схем расчленения докембрия Украины являются развитием предыдущих, а некоторые из них являются практически взаимоисключающими.

Вполне прав Н. П. Семененко, заявляя, что даже последняя, наиболее полно им разработанная схема возрастного расчленения докембрия Украины является далеко не идеальной, обнимает далеко не все факты и, весьма вероятно, будет перестраиваться даже в своих существенных чертах.

В этих условиях особенно важно привлечение новых методов, которыми можно было восполнить, до некоторой степени, недостаток прямых геологических наблюдений. Среди таких новых, безусловно перспективных методов можно назвать метод геохимической корреляции интрузивных комплексов и в особенности метод определения геологического возраста, основанный на атомном распаде. Для основной массы геологов Советского Союза эти методы еще не являются общепризнанными. Более того, за последний год появилась, к сожалению, приобретшая печальную известность статья Боганика

и другие работы, которые подвергают вообще сомнению возможность использовать эти методы для решения сколько-нибудь серьезных задач.

К счастью, геологическая общественность встретила статью Боганика совершенно бесспорным отрицанием. Действительно, ее нельзя расценить иначе, как попытку, основанную, может быть, на недоразумении, затормозить применение передовых методов для развития советской геологии.

Мы должны не только принять эти методы, но и широко внедрить их в нашу геологическую науку, так как только они дадут возможность поставить геохронологию, в частности докембрия Украины, на количественное основание.

Но уже то обстоятельство, что эти методы основаны на явлениях атомного распада, должно говорить о том, что процессы, лежащие в основе этих методов, являются не обычными химическими процессами, и факторы воздействия на изменение скорости хода этих процессов лежат в совершенно иных энергетических полях.

Мы знаем в настоящее время ядерные процессы, которые протекают при нормальных термодинамических условиях земной коры. Какие это процессы? Процессы радиоактивного распада, спонтанные и, с другой стороны, процессы нейтронного воздействия, которые могли бы существенным образом изменить результаты закономерного хода радиоактивного распада. Нейтронные процессы в земной коре происходят в ограниченной степени потому, что нейтроны являются весьма дефицитным продуктом ядерной реакции и в большинстве случаев расходуются на совершенно иные процессы. Они практически захватываются ядрами всех химических элементов. Но искажение закономерного хода радиоактивного распада нейтронами является чрезвычайно малым и те искажения закономерного хода радиоактивного распада, которые могут быть вызваны другими ядерными процессами, находятся за пределами современной точности определения содержания радиоактивных элементов и продуктов их превращения.

Во всяком случае, существенным образом изменить результаты определения геологического возраста методом, основанным на радиоактивном распаде, этот процесс не может.

Поэтому геологи в вопросе развития этой сложной проблемы геологического возраста должны отнестись с полным доверием к выводам химиков и радиохимиков.

Однако нужно сказать, что и геологи, и физики, и химики равным образом повинны в том, что все таки в широких геологических кругах существует явное недоверие к результатам, полученным на основе радиоактивных методом определения возраста. Иногда это недоверие имеет существенное основание.

В самом деле, возьмем даже терминологию. Даже здесь на совещании и на всех предыдущих совещаниях всегда химики и радиохимики, сообщая результаты своих исследований, говорили о геологическом возрасте как о результате, полученном гелиевым, ар-

гоновым, свинцовым методами, называя возраст гелиевым, аргоновым и т. д. Такая путаница в терминологии совершенно недопустима. В дальнейшем мы должны категорическим образом различать следующие два понятия.

Геологи весьма заинтересованы только одним действительным геологическим возрастом. Все остальные цифровые соотношения, выведенные на основе физического метода анализа продуктов радиоактивного распада и на основе химического метода анализа продуктов радиоактивного распада, должны быть обсуждены, и только в том случае, когда все данные свидетельствуют о том, что здесь мы имеем дело с цифровыми соотношениями, возникшими в результате закономерного хода радиоактивного распада, только в том случае мы имеем право утверждать, что получающиеся цифровые соотношения соответствуют геологическому возрасту.

Нужно различать с одной стороны геологический возраст, т. е. действительный возраст и возрастные значения, которые по существу говоря являются абстрактными, которые являются эффективными значениями, не имеющими ничего общего с действительностью.

Перейдем к отдельным методам.

Свинцовый метод. Мы прекрасно знаем, что результаты свинцового метода могут быть искажены за счет первичного процесса захвата, кристаллохимического захвата свинца в решетке, вносимого так называемым первичным свинцом, который присутствует наряду с радиогенным и таким образом вызывает завышенное возрастное значение. С другой стороны свинец может теряться за счет процесса эманирования, важность которого подчеркнул И. Е. Старик. За счет процесса эманирования теряется радиоактивная эманация и продукты распада радиоактивного осадка, из которых образуется свинец, конечный продукт распада—служащий для определения возраста. Таким образом, возможны два взаимно противоположных случая: с одной стороны присутствие избыточного свинца, с другой стороны уход свинца вместе с радиогенными продуктами эманирования.

Но в настоящее время уже до некоторой степени существует противоядие против этого недостатка. На помощь пришел изотопный анализ свинца, который позволяет проводить определение возраста соотношением тех или иных изотопов свинца и первичных изотопов материнских элементов.

Таким образом, изотопный анализ почти достаточно хорошо позволяет этот недостаток свинцового метода нейтрализовать и вводить соответствующие поправки.

Гелиевый метод в большинстве случаев дает заниженные результаты. Однако работы Э. К. Герлинга показывают, что был разработан вполне определенный физико-химический метод оценки результатов гелиевого метода, который дает возможность вносить поправки с учетом потерь гелия.

Больше того, выяснено существование ряда минералов с так называемой плотной упаковкой, в которых потери гелия не происходят

за всю длительную геологическую историю, т. е. для гелиевого метода имеется определенная категория минералов с плотнейшей упаковкой минералов, на которых мы параллельно со свинцовым методом можем получить достоверное значение.

Аргоновый — новый метод, предложенный Э. К. Герлингом, который в настоящее время подлежит проверке, причем жестокой проверке. Несмотря на то, что аргоновый метод не имеет в настоящее время принципиальных возражений, однако, он недостаточно проверен другими радиоактивными методами определения геологического возраста. Аргоновый метод должен быть прежде всего проверен сопоставлением данных аргонового метода с другими классическими методами, в первую очередь с свинцовым методом.

Относительно стронциевого метода я не буду говорить, потому что о нем уже говорили. Стронциевый метод едва ли приобретет достаточно широкое признание благодаря редкости тех элементов, на которых он основан — стронция и рубидия.

Важность и эффективность аргонового метода, наоборот, заключается в том, что если аргоновый метод будет обоснован и подтвержден параллельно данными других методов, то мы его можем применять практически ко всем изверженным породам, так как он основан на применении калиевых минералов или минералов содержащих калий.

Остановлюсь на одном методе, так называемом, экспрессметоде, относящемся тоже к свинцовому, разработанному И. П. Боровским, но он сам будет о нем докладывать. Экспрессметод, повидимому, не встречает принципиальных возражений в применении к древнейшим образцам, однако, он встречает серьезные затруднения в применении к палеозойским образованиям, возраст которых исчисляется до 500 млн. лет.

Скажу одно, что в этом методе кроется весьма большая опасность. Опасность заключается в обилии цифр, которые достаточно не документированы и достаточно не проверены.

Это обилие цифр на первой стадии наших широких возрастных исследований может привести к серьезным недоразумениям. Нас сейчас интересует не обилие цифр, а хотя бы скромное количество, но вполне обоснованных цифр геологического возраста.

В ряде крупнейших геологических учреждений, к которым относится в первую очередь Институт геологических наук Академии наук СССР и вероятно сюда же надо причислить Институт геологии Украинской Академии наук, существует серьезный недостаток в постановке возрастного исследования. Этот недостаток прежде всего сводится к тому, что геологи по какой то причине проявляют чрезвычайно упрощенный подход к этой возрастной работе.

В чем заключается этот упрощенный подход.

Упрощенный подход заключается в том, что обработка возрастных материалов проводится недостаточно и не с тех концепций, с каких необходимо их обрабатывать для обеспечения правильной интерпретации того значения, которое химик один без соответствующую-

шего компетентного участия геолога не может перевести в разряд геологического возраста. Это нужно геологам твердо понять и занять свое законное место с другими участниками в разработке этой комплексной проблемы.

Наблюдается недостаточно авторитетная паспортизация материалов. Затем геолог не несет практически никакой ответственности за сохранность материалов, за соблюдение того основного принципа, без которого применение этих методов вообще является абсурдным.

Я, не называя фамилий, приведу совсем недавний факт, когда очень крупный геолог передал на анализ минерал, который с его точки зрения годен для установления возраста. Минерал оказался ортитом, но ортитом давно измененным. В результате можно считать, что он абсолютно непригоден для определения возраста.

Геолог должен отвечать за сохранность той кристаллической структуры, которая обеспечивает сохранность всех промежуточных продуктов. Я имею ввиду начальный и конечный продукт. Это лежит на ответственности геологов, а не химиков, которые лишены тех фактических материалов, которые позволили бы им судить правильно о ценности и пригодности материала, поступившего на возрастное исследование.

Геолог должен познакомить химика, который ведет возрастное исследование, со всей скрытой геологической историей того материала, который передан на возрастное исследование. Он должен познакомить его с генетическим типом месторождения данного материала. А мы наблюдаем на практике следующие явления: большой цикл исследований Боровского и его сотрудников лишен какой-либо геологической документации. Такого рода материалы могут только засорить наши возрастные исследования, несмотря на то, что метод в данном случае и не виноват.

Мы не видели геологической документации и в докладе Е. С. Буркзера, хотя казалось бы здесь мы все на месте и можно было по каждой цифре дать геологическую документацию.

Нас не могут устроить такие оценки, как предположения о возрасте украинского докембрия. Я бы сказал, что Н. П. Семененко проявил некоторую мягкость в отношении этих цифр, потому, что к 2 и 1,5 млрд., отвечающим нижнему архею существуют разные геологические представления. Мы должны перейти в иную качественную стадию возрастных исследований и подходить к разрешению возрастных вопросов с гораздо большей точностью, требовательностью ко всем участкам разрешения этой сложной комплексной проблемы.

Правильная организация возрастных исследований требует обязательного проведения комплексных исследований со стороны геолога, химика и физика. Эти исследования должны проводиться в тесной связи с геологическими и геохимическими исследованиями крупных регионов.

Определение возраста отдельных минералов дает весьма неуверенные цифры по той причине, что оно является оторванным от об-

щего контекста, от общего геологического развития и неизвестно какому этапу развития отвечает данная цифра.

Вот по какой причине мы считаем, что дальнейшее развитие возрастных исследований должно быть систематизировано, и первоочередной задачей является датирование основных этапов крупных геологических исследований.

Для Украины при сборе возрастных материалов, который будет проводиться в этом году экспедициями Академии наук СССР, а также и в будущем году, мы считаем необходимым принять за основу схему расчленения, предложенную Н. П. Семененко и на ее основе в ближайшие два-три года разработать научно обоснованную геохронологическую схему расчленения докембрия, т. е., другими словами, получить ряд параллельных цифровых значений, которые позволят точно датировать главные этапы геологической истории Украины. Но нам нужно будет дать важнейшую оценку трем важнейшим методам. Я имею в виду гелиевый метод, который будет применяться для минералов с плотной упаковкой, аргоновый метод, который будет применяться к слюдам и полевым шпатам, взятым из различных районов Украины, и экспрессметод Боровского.

Таким образом, в течение двух-трех лет мы надеемся дать вполне обоснованную схему геохронологического расчленения Украины.

Какие основные этапы геологической истории Украины мы считаем необходимым апробировать в текущем году. Прежде всего, тектоно-магматические единицы. Это древнейшие днепровско-бугские, затем кировоград-житомирские, днепровско-токовские, коростенские и, наконец, щелочные приазовские комплексы.

По каждому из этих комплексов будут взяты материалы для всех трех методов.

Естественно, что при проведении этих работ совершенно необходима помощь и участие украинских геологов. Необходимо, чтобы все материалы, которые поступят на эти комплексные исследования, проверялись лабораторией Института геологии АН УССР. Нужно, чтобы все эти материалы в Киеве были апробированы специалистами. Только это оградит нас от кривотолков.

Надо прямо сказать, что в отношении стратиграфического расчленения Украинского кристаллического массива существует ряд спорных вопросов и ряд чрезвычайно разноречивых мнений. Поэтому любое возрастное исследование должно быть проведено осторожно во избежание чрезвычайно нежелательных явлений. Необходимо с этим бороться.

Мне думается, что в ряде случаев целесообразно пойти на постановку специальных геологических исследований, которые будут уточнять положение определенных геологических объектов.

Разрешите мне перейти к рассмотрению некоторых положений, полученных нами в прошлом году и в этом для некоторых архейских образований Украины. Уже по рентгеноскопическим данным Боровского и его сотрудников для кристаллического массива Украины были получены высокие возраста порядка 2 млрд. лет. Однако по-

сколькx геологическая документация чрезвычайно слаба, и не было сделано попыток дать соответствующее геологическое обоснование этих цифр, то нам казалось целесообразным, во всяком случае вполне серьезным с достаточным обоснованием проверить такие древние и высоковозрастные значения.

Нами получен ряд значений, колеблющихся в пределах порядка 1900 млн. лет — 2 млрд. лет. Они получены в разных районах Украины, на Побужье, Волыни, в Криворожье, Мариупольщине и Приазовье. Таким образом, присутствие заведомо нижнеархейских образований нужно считать бесспорно доказанным.

Первым из таких районов, который заведомо является одной из древнейших частей Украины, является чарнокитовая серия Побужья, которая по геологическим представлениям является одной из наиболее древних. Но наши данные относятся не к самим чарнокитовым породам, а к более поздним дериватам, наиболее древнейшему циклу, к красным аплито-пегматитам. Прежде всего мы называем образцы из Березовки на р. Муравка, для которых по монацитам установлен возраст 1950 млн. лет. Для образца из другого пункта, где в аплито-пегматитах обнаружен монацит, по свинцовому методу найден возраст 2 млрд лет.

Таким образом, для совершенно различных участков, находящихся на территории развития чарнокитовой серии, получены чрезвычайно близкие значения возраста. Все эти данные получены по свинцовому методу, над выделенным из породы монацитом; свинец был проверен на изотопический состав. Выявлено отсутствие первичного рудного свинца, т. е. весь свинец оказался радиогенового происхождения. Примесь обычного рудного свинца лежит на пределе метода и не превышает 2%, а возможно окажется меньшей при более точном исследовании.

Необходимость выбора монацита, как основного материала, на котором может быть получено большое количество точных цифровых данных для Украинского докембрия, обоснована кристалло-химическими соображениями, прежде всего. Мы рассмотрим возможности или вероятность кристалло-химического замещения какого-либо иона в кристаллической решетке монацита свинцом, причем такого замещения, при котором содержание свинца должно быть поднято против среднего содержания свинца в магме в несколько десятков раз. Мы приведем ионные радиусы ионов тех элементов, которые действительно могут быть замещены свинцом. Это, прежде всего, элементы: калий $1,33 \text{ \AA}$, свинец двухвалентный имеет радиус иона $1,32 \text{ \AA}$, рубидий — $1,49 \text{ \AA}$. Из двухвалентных элементов барий имеет радиус иона $1,43 \text{ \AA}$, стронций — $1,27 \text{ \AA}$.

Вот, собственно, те элементы, которые могут быть замещены свинцом.

Для исследуемых монацитов мы наблюдаем содержание свинца почти в 1000 раз или, во всяком случае, в 500 раз большее магматического кларка свинца в данных породах, поскольку в этих мона-

цитах отсутствуют барий и стронций. Таким образом, монациты являются такой кристаллической решеткой, в которой первичный свинец не концентрируется значительно против магматического содержания. И это обстоятельство позволяет горячо рекомендовать монацит, так широко распространенный на Украине в различных комплексах, как основной минерал, на котором мы должны базировать свою основную схему расчленения докембрия.

Можно указать и на другие минералы, которые можно использовать, — ортиты, в которых присутствует кальций и другие элементы. О других рарисактивных минералах, которые будут использованы для определения возраста свинца свинцовым методом, говорить здесь не будем.

Весьма благоприятные результаты, по данным американских авторов, получены на цирконах, где мало вероятно вхождение первичного свинца в кристаллическую решетку.

Таким образом, монациты являются одним из весьма перспективных минералов, которые могут быть нами использованы. Мы в настоящее время уделяем большое внимание монацитоносности гранитов Украины и просим Вас помочь в проведении исследований.

Кроме названных цифр, получены нами значения возраста для мариупольских монацитовых пегматитов порядка 1950 млн. лет.

Я думаю, что сопоставление этих цифр дает уже нам полное основание говорить о том, что мы здесь имеем дело не только с нижним археем, как таковым, но вообще с нижними частями нижнего архея. И сейчас надо сделать вывод, что на очень ранних стадиях развития Украинского кристаллического щита мы имеем достаточно интенсивно проявленные геологические циклы, которые сопровождались образованием пегматитов и аплитов-пегматитов монацитоносных и вообще редкометалльных образований. Этот вывод чрезвычайно важен.

Назову еще две цифры, которые мы не можем до уточнения работы этого года рекомендовать в качестве вполне точных возрастных значений. Это данные для монацитов, выделенных из братолюбовских гранитов. Братолюбовские граниты дали монациты, которые, к сожалению, были взяты с поверхностного участка карьера и оказались покрытыми корочкой изменений. Тем не менее, возраст этих монацитов оказался равным 1500 млн. лет.

Другие монациты, геохимически совершенно аналогичные, взяты из аплитовых гранитов балки Водяной, к западу от ст. Шевченко. Там, среди кировоградских гранитов проходят дайки сильно монацитоносных красных аплитовых гранитов. Возраст этих монацитов равен 1770 млн. лет. Мы затрудняемся сказать, с чем связаны эти дайки: являются они производными кировоградских гранитов или черных кварцевых гранитов. Во всяком случае, величины возраста очень близки и этот вопрос будет исследован дополнительно в этом году.

Можно считать, что для токовского комплекса, чрезвычайно для нас интересного, получены пока не вполне достоверные данные по

ториту, возраст которого 1.200 млн. лет. Последняя цифра является ориентировочной, необходимо уточнять и развивать работу по этому комплексу.

Мне хотелось бы отметить, что наши данные для н. докембрия являются подтверждением цифр, получаемых методом И. П. Боровского, но, к сожалению, перестройка геологического мышления в этом отношении еще недостаточна. Также недостаточно геологи восприняли этот чрезвычайно важный факт существования очень древних геологических тектоно-магматических циклов, возраст которых датируется величиной порядка 2 млрд. лет.

Мне хотелось бы сказать в связи с этим о представленных схемах докембрия. Они чрезвычайно обедняют богатую геологически событиями историю развития докембрийских образований. В самом деле, если на протяжении последних 500—600 млн. лет мы имеем проявление трех вполне законченных геологических циклов, то почему же, спрашивается, на более раннем периоде, охватывающем, по крайней мере, промежуток времени в 1,5 млн. лет, мы должны органичиваться нижним и верхним археем и протерозоем и насчитывать два, максимум три магматических цикла. Мне кажется, что нет таких оснований, а также нет никаких оснований ожидать от возрастного исследования точного совпадения возрастных данных для каждого комплекса. Длительность цикла продолжается 150—180 млн. лет, каледонский цикл определяется такой же длительностью. Альпийский цикл, повидимому, не закончен. Длительность его определяется еще меньшей цифрой. Сколько может уместиться геологических циклов, если скорость геологического процесса жизни земной коры оставалась или приближалась к современной, а можно ожидать, что она была более активной. Можно производить этот анализ на основании схемы, которую предложил Ю. А. Билибин для палеозойских образований. По существу, для украинских образований можно ожидать закономерного развития тех подвижных зон, о которых говорит группа Ю. А. Билибина.

По существу, имеются все данные считать, что в древние эпохи земная кора, по образному выражению Сеницина, «работала как пангеосинклиналь» и едва ли можно допускать столь закономерное развитие, какое мы имеем на Тянь-Шане, Урале и других более молодых складчатых областях, на других более подвижных зонах земли. Поэтому мы, конечно, заранее можем ожидать значительный разброс цифр для тех геологических образований, которые объединены в одну группу тектоно-магматических комплексов докембрия Украины.

В заключение мне хотелось бы обратиться к присутствующим украинским геологам с просьбой о самом серьезном участии в этих работах на совершенно паритетных началах. Действительно, без помощи украинских геологов эта работа может серьезно затормозиться, и геологическая документация тех материалов, которые поступят на геологическое вооружение, должна быть дана, несомненно, при их самом активном участии.

МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АБСОЛЮТНОГО ВОЗРАСТА ПОРОД УКРАИНСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА

Е. С. Бурксер

В Институте геологических наук АН УССР для определения возраста минералов применяли свинцовый, гелиевый, рубидиево-стронциевый и аргоновый методы*.

Я кратко остановлюсь на применявшихся в процессе работы методиках.

При производстве определений возраста свинцовым методом уран определяли весовым или объемным методом, торий весовым, а свинец хроматным весовым методом.

При исследовании монацитов малые количества урана определялись колориметрически и полярографически, малые количества свинца полярографически с параллельным слепым опытом.

Необходимо отметить, что наличие в употребляемых реактивах свинца сильно затрудняло определение малых количеств его при содержании в минералах порядка 0,1—0,01%, поэтому эти работы были в дальнейшем приостановлены до организации предварительной очистки реактивов, по этой причине некоторые из исследованных минералов при исследовании дали завышенные величины возраста.

Некоторые из поступивших для исследования образцов содержали, собственно, радиоактивные минералы как примесь. Основная масса состояла из силикатных минералов, поэтому в них мог содержаться свинец не радиогенного происхождения.

Наилучшие и наиболее надежные результаты получены в результате исследования чисто урановых минералов и богатых торием монацитов.

Я не остановлюсь на полученных данных о возрасте, так как это подробно изложено в докладе Н. П. Семененко. При работе свинцовым методом мы не располагали масс-спектрографом.

* В работах, кроме докладчика, принимали участие: В. В. Бурксер, Ю. Я. Горный, Е. В. Ромашинина и Б. В. Мирская, по агроному методу—Ф. И. Котловская.

Гелиевый метод применялся нами в ограниченном числе случаев и давал результаты, не вызывавшие сомнений у геологов.

О разработанной у нас рубидиево-стронциевой методике определения возраста минералов мы докладывали на предыдущей сессии. Работа в ближайшем будущем будет опубликована.

Необходимо отметить, что вследствие отсутствия у нас масс-спектрографа, изотопический состав стронция не определялся, и мы вынуждены были давать минимальный возраст, исходя из содержания по Ниру в амазоните 70% Sr—87 и максимальный, принимая весь стронций за радиогенный.

Недостатком рубидиево-стронциевого метода при проведении его химическим путем является его большая трудоемкость.

Мы рассчитываем в 1954 г. проводить количественные определения рубидия и стронция спектрохимическим путем, пользуясь опытом советских и зарубежных спектрографических лабораторий.

Перехожу к работе по аргоновому методу, применение которого было начато нами в 1951 г.

Для определения абсолютного возраста кристаллических горных пород, содержащих калийные минералы, мы исходим из того положения, что почти весь аргон, выделенный из минералов путем прокаливания, состоит из изотопа с атомным весом 40 радиогенного происхождения.

Мы основывались на работе Герлинга и Ермолина, установивших, что очень незначительная примесь аргона из воздуха в радиогенном аргоне из калийных минералов, судя по данным масс-спектрографического анализа, существенно не влияет на результаты определения возраста минерала.

Основным объектом наших исследований были образцы калийного полевого шпата, представленные нам Ю. Ю. Юрком и М. Н. Ивантишиным. Навеска полевого шпата в количестве 5—6 г, измельченная до частиц размером менее 0,75 мм и более 0,25 мм, загружалась в железной лодочке в кварцевую трубку из прозрачного кварцевого стекла.

В течение 1—1,5 часов из минерала, нагретого до 200—250°, удалялся адсорбированный воздух путем непрерывной откачки масляным насосом. Кварцевая трубка соединялась шлифом с остальным прибором, в котором производилась очистка выделенных из минерала газов для определения содержания в них гелия и аргона.

Через 1—1,5 часа насос отключался от прибора. Дальнейшее разрежение создавалось поглощением остатков газов активированным углем, погруженным в жидкий воздух (10^{-6} мм).

После достижения достаточного разрежения, что устанавливалось манометром Мак-Леода и учитывалось количество остаточного газа, приступали к извлечению аргона из минерала.

Остаток непоглощенного газа, состоявшего, вероятно, из гелия, составлял сотые доли кубических миллиметров, при атмосферном давлении.

Выделение газа из минералов производилось нагреванием до

1250° в трубчатой электрической печи с карборундовым обогревателем.

Температура непрерывно контролировалась самопишущим пиетрометром.

Выделившиеся газы проходили через нагретую до 400° окись меди для окисления водорода; пары воды поглощались фосфорным ангидридом, углекислый газ и остатки водяных паров задерживались в ловушке при температуре — 180°.

Далее газы поступали в нагретый до 400° металлический кальций, температура которого постепенно доводилась до 650°. Здесь происходила дальнейшая очистка инертных газов.

Очищенный таким образом аргон с небольшой примесью других газов поступал в сосуд с активированным углем при — 180°. После достижения в печи температуры 1250° нагревание минерала продолжалось при той же температуре 2—2,5 часа.

По истечении этого времени прекращали прокалывание минерала, кварцевая трубка с ним отключалась.

Газы, поглощенные углем, выделялись нагреванием трубки с углем до 200° и подвергались дополнительной очистке в течение 1 часа в трубке с металлическим кальцием при температуре 400—650°. Непоглощенный кальцием остаток инертных газов переводился в измерительную часть манометра Мак-Леода длиной 19 см, вмещающей 100 мм³ газа и разделенной на 100 делений. После измерения объема газа его снова подвергали очистке металлическим кальцием. Если не происходило уменьшение объема, то очистка более не повторялась.

Разделение аргона и гелия с примесью неона производилось путем поглощения аргона активированным углем при — 180°.

Объем не поглощенных газов измерялся и вычитался из суммы объемов инертных газов.

До опытов с минералами производили проверку всего прибора в тех условиях, в каких производилось исследование минерала. Количество собранного остатка тяжелых инертных газов составляло от 0,13 до 0,21 мм³ при нормальных условиях. Среднее значение из пяти опытов равнялось 0,20 мм³. Оно вычиталось из результатов измерения объема аргона при производстве определений его в минералах.

Определение калия производилось в минералах спеканием по Смиуту с дальнейшим выделением калия хлороплатинатным методом.

Расчет возраста производился по формуле, предложенной Герлингом:

$$\frac{m \text{ Ar}^{40}}{m \text{ K}^{40}} = \frac{\lambda_k}{\lambda_k + \lambda_\beta} \left[e^{(\lambda_k + \lambda_\beta)t} - 1 \right]$$

$m \text{ Ar}^{40}$ — количество Ar^{40} в g/g минерала, полученное из опыта.

$m \text{ K}^{40}$ — количество K^{40} в g/g минерала, полученное по расчету на основании данных анализа.

λ_{β} — константа β — превращения K^{40} , равная $4,9 \cdot 10^{-10}$ лет $^{-1}$.

λ_k — константа превращения $K^{40} \rightarrow Ar^{40}$ по Герлингу $6,1 \cdot 10^{-11}$ лет $^{-1}$.

t — время распада K^{40} в годах, соответствующее накоплению аргона Ar^{40} в образце.

В результате расчета по вышеуказанной формуле получены данные возраста, приведенные в таблицах 1 и 2 (для полевых шпатов Украинского кристаллического массива, полученные от Ю. Ю. Юрка и М. Н. Ивантишина).

Для сравнения наших данных с данными Э. К. Герлинга были выбраны результаты определений в образцах полевого шпата, содержащих почти одинаковое количество калия докембрийского возраста.

	K g/g	Ar ⁴⁰ g/g	Ar ⁴⁰ /K ⁴⁰	Возраст t
Микроклин	0,0995	$16,80 \cdot 10^{-7}$	0,141	$1490 \cdot 10^6$ лет (Герлинг)
"	0,1032	$16,68 \cdot 10^{-7}$	0,133	$1443 \cdot 10^6$ лет (Котловская)

Оба образца содержали почти одинаковое количество аргона и имели один и тот же возраст.

Ю. Ю. Юрк передал для исследования 12 образцов, в том числе 10 образцов калиевых полевых шпатов и два образца мусковита.

Образцы были собраны на Волыни и в Приазовьи.

Возрасты, установленные по данным исследования полевых шпатов, изменялись в пределах 1040—1502 миллионов лет по усредненным данным.

№ образца	Минерал	K g/g	$K^{40} g/g \cdot 10^{-7}$	Ar мг ³ /г	$Ar g/g \cdot 10^{-7}$	$\frac{m Ar^{40}}{m K^{40}}$	Возраст 10^6 лет
934	Полевой шпат	0,1006	120,72	0,722	12,85	0,106	1219
935	Слюда (мусковит)	0,0725	87,00	1,140	20,29	0,230	2058
1905	Полевой шпат	0,0090	10,80	0,059	1,05	0,097	1141
1907	Слюда (мусковит)	0,0627	75,24	1,080	19,23	0,254	2170

Образец № 578, величина возраста которого не соответствовала геологическим соображениям, был исследован 4 раза, колебания отдельных результатов заключались в пределах 1020—1160 лет, т. е. —7,2% +6,5% от средней величины.

**Абсолютный возраст полевых шпатов Украинского кристаллического массива
(образцы М. Н. Ивантишина)**

№ образца	Месторождение	$K_{z/2} \cdot 10^{-7}$	$K^{40}_{z/2}$	$Ar_{MM^3} z/2$	$Ar_{z/2} \cdot 10^{-7}$	$\frac{Ar^{40}}{K^{40}}$	Возраст 10^6 лет	Примечание
122/49,2	Железевский карьер пегматита (чудно-бердичевский тип гранита)	0,0324	38,88	0,293	5,22	0,134	1450	1522 ср. +7,7%, -4,7%
		0,0964	115,63	0,305	5,43	0,139	1480	
				0,354	6,30	0,161	1636	
				0,847	15,07	0,131	1413	
				0,718	12,79	0,111	1258	
				0,820	14,59	0,126	1381	
183a 377 ⁶⁰	Приазовье (слодиты) Екатерининский массив	0,0847	101,64	0,570	10,15	0,100	1167	1181
		0,0790	94,80	0,591	10,52	0,103	1196	
				0,539	9,59	0,101	1179	
				0,476	8,47	0,089	1075	
259	Волянь. Березовка	0,0911	116,53	0,500	8,90	0,076	952	976
				0,536	9,54	0,082	1000	
309/48,3	Приазовье (дайка пегматита р. Акташ)	0,0677	81,24	0,359	6,38	0,076	963	963
387	Дубовый карьер	0,1003	120,36	0,528	9,39	0,078	986	963
				0,513	9,19	0,075	947	
				0,518	9,22	0,076	955	
478/49,2	Приток Жижка р. Случь	0,0773	87,95	0,257	4,57	0,052	696	Повышенное содержание гелия 687
		0,246	4,39	0,050	675			
		0,255	4,54	0,052	693			
36/47	Приазовье, Екатериновка	0,0747	89,64	0,264	4,70	0,052	700	
30/49	Володарск-Волянский район (коростенский тип)	0,1212	145,44	0,475	8,36	0,057	758	
191/40	Приазовье (дайка пегматита, днепровский тип)	0,0875	105,00	0,620	11,04	0,105	1212	

Абсолютный возраст полевых шпатов Украинского кристаллического массива
(Образцы Ю. Ю. Юрка)

№ образца	Месторождение	K $\epsilon/2$	K ⁴⁰ $\epsilon/2 \cdot 10^{-7}$	Ar мм ³ $\epsilon/2$	Ar $\epsilon/2 \cdot 10^{-7}$	$\frac{Ar^{40}}{K^{40}}$	Возраст 10 ⁶ лет	Среднее
1134	с. Елисеевка, Приазовье	0,1067	128,01	1,092	19,43	0,152	1562	1562
212a	р. Случь, Старая Гута	0,0942	113,04	0,816 0,873	14,52 15,43	0,128 0,136	1394 1458	1426
1604	с. Глубочек, Волянь	0,1032	123,84	0,921 0,937	16,39 16,68	0,132 0,133	1427 1443	1435
862	Б. Каменовка, южнее Кирово-града	0,1061	127,32	1,063	18,92	0,141	1548	1548
292	р. Мокрая Волноваха, с. Ново-Игнатъевка, Приазовье	0,0903	108,36	0,582 0,638	10,36 11,36	0,095 0,104	1130 1204	1167
578	с. Андреевка, Приазовье	0,0897	107,04	0,501 0,602 0,541 0,550	8,92 10,71 9,63 9,79	0,083 0,100 0,090 0,091	1020 1160 1083 1093	1089
126	Писаревская Гута, Волянь—пегматит	0,0826	99,12	0,473	9,42	0,085	1040	1040
94	Писаревская Гута, Волянь—пегматит	0,0878	105,32	0,516 0,513 0,515	9,18 9,12 9,18	0,087 0,086 0,087	1052 1048 1052	1050

Абсолютный возраст минералов по данным определения свинцовым методом

№ образца	Название минерала	Месторождение	Содержание U (в %)	Содержание Th (в %)	Содержание Pb (в %)	Возраст 10 ⁶ лет
1553/5	Урановая смолка	Днепровский массив	36,74	Нет	8,27	1445
1553/6	" "	" "	35,42	"	7,93	1300
1553/5а	Фракция легче удельного веса 3,17	" "	16,77	"	3,30	1278
1553а/6а	Фракция — удельный вес 2,9	" "	13,00	"	2,63	1311
№ 2	Электр. магнитная фракция	" "	3,03	"	0,61	1313
№ 3	Легкая фракция	" "	3,38	"	0,60	1178
961	Монацит	р. Ростовица, с. Дергановка	0,119	3,164	0,35	1968
179/49-2	"	р. Гнилопать, с. Жежелев	0,56	5,31	0,60	1747
190	"	р. Больничная, Янисоль	0,025	7,734	0,533	1383
468а	"	р. Случь, Острополь	0,019	4,263	0,38	1767
ГИ/49	"	р. Гнилопать, россыпь	0,205	2,24	0,215	1574
	Ортит из кировского гранита	с. Тамаровка	0,019	0,52	0,066	1970
96,7	Электромагнитная фракция содержащая ортит		0,0195	1,013	0,087	1829
	Ортит	Волноваха	0,059	1,846	0,14	1400
848	Биотит с торитом	Кальмиус, массив	0,020	0,281	0,0235	1381
167-С	Циркон	Екатериновка	0,0028	0,052	0,021	700
П	Приазовит	Зеленая Могила	—	ThO ₂	Pb	—
			12,93	0,82	1,50	868

При сравнении результатов, полученных при исследовании калийных полевых шпатов и мусковита — отобранных у одного и того же пегматитового тела, получено значительное расхождение в величинах возраста.

Такое расхождение в сторону резкого повышения содержания аргона в мусковите дает основание допустить наличие в нем избыточного аргона в связи с более рыхлой слоистой структурой кристаллов, чем у полевого шпата.

М. Н. Ивантишин до 1 июня 1953 г. передал в лабораторию 10 образцов полевых шпатов, возраст которых изменялся в пределах 675—1636 млн. лет.

При повторных определениях возраста отдельных образцов пределы колебаний наблюдаемых величин составляли +7,7% — 4,7% от средней величины.

В целях сравнения полученных данных определения возраста аргоновым методом был исследован амазонит, возраст которого был установлен рубидиево-стронциевым методом, а также проведен гелиевым и свинцовым методом по синхроничным минералам. В то время как аргоновый метод дал возраст 736—768 · 10⁶ лет, возраст определенный другими методами, заключался в пределах 410—547 · 10⁶ лет.

В работе Э. К. Герлинга и сотрудников отмечается наличие в ряде случаев расхождения полученных ими результатов определения возраста с мнением геологов по этому вопросу.

Причины расхождений в сторону завышения полученных возрастов возможно зависят от присутствия аргона не радиогенного происхождения.

Не выяснен также вопрос о возможности потери аргона из калийных минералов в течение длительного времени, что может привести к понижению результатов устанавливаемого возраста.

Другая причина расхождений, получаемых аргоновым методом возрастов, может зависеть от неточности установленной до настоящего времени константы превращения калия в аргон.

Необходимо отметить, что между константами превращения калия в аргон, данными различными авторами, имеет место значительное расхождение:

по Э. К. Герлингу $\lambda_K = 6 \cdot 1 \cdot 10^{-11} \text{ год}^{-1}$,

по Сейеру и Виденбеку $\lambda_K = 6 \cdot 4 \cdot 10^{-11} \text{ лет}^{-1}$.

По мнению С. Н. Данилевича, ошибка в определении константы может достигать 30%, что, конечно, должно соответственно отражаться на результатах высчитанного возраста.

Дальнейшей задачей является установление с большой точностью константы λ_K , а также исследование применения аргонового метода к различным калийным минералам, возраст коротких контролируется другими методами, наряду с изучением изотопического состава содержащегося в них аргона.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АБСОЛЮТНОГО ВОЗРАСТА АРГОНОВЫМ МЕТОДОМ

Э. К. Герлинг

Прежде чем остановиться на результатах определения возраста аргоновым методом, полученных для Карелии, нужно вкратце остановиться на положениях, на которых основан аргоновый метод, чтобы иметь возможность объективно судить о результатах.

Как указал в своем докладе Е. С. Бурксер, для получения точных данных необходимо знать константу распада λ_k . Эта константа была определена в 1949 году, мы для нее получили значение $6,1 \cdot 10^{-11}$ год⁻¹. Для получения этого числа использовался радиогеологический метод, т. е. сама константа вычислялась по содержанию аргона в минералах известного геологического комплекса. В 1952 году в лаборатории геологии докембрия АН СССР решили проверить эту константу при помощи того же метода, применив для этого ряд минералов известного возраста, взятых примерно из шести различных мест. Для этой цели был взят амазонит из Урала, некоторые полевые шпаты и слюда из Карелии, для которых имелись хорошие данные по свинцу и ряд других минералов. Оказалось, что в среднем новая константа очень мало отличается от ранее полученной и равна $(6,18 \pm 0,66) \cdot 10^{-11}$ год⁻¹. В связи с тем, что вновь определенная константа мало отличалась от старой, мы во всех наших исследованиях использовали старую, она определена сейчас с точностью примерно $\pm 8\%$.

Следующий вопрос, на котором нужно остановиться, касается точности методики определения возраста, т. е. тех ошибок, которые экспериментатор делает при определении аргона и калия. Наша методика позволяет определить содержание аргона и калия с такой точностью, что общая ошибка на возрасте не превышает $\pm 2,5\%$. Обычно ошибка гораздо меньше и в среднем $\pm 1\%$. Но это ошибка опыта, не включающая влияния целого ряда других факторов, которые должны быть учтены.

Сейчас можно дать возрастные значения, полученные аргоновым методом для минералов, возраст которых не древнее кембрия,

и для некоторых древних докембрийских минералов, последние можно сопоставить с данными свинцового или гелиевого метода.

Для юрских пород были использованы образцы интрузии из трех мест Забайкалья; для двух получено по 120 млн. лет и для одного образца 147 млн. лет; для последнего случая мы имели цифру по гелиевому методу в 130 млн. лет. Для пермь-карбонového времени были использованы микроклины, взятые из пегматитовых жил, или слюды (в одном случае был исследован амазонит, а в двух случаях микроклин). Для щелочных пород — киргирит-нордмаркита — была получена цифра 228 млн. лет.

Для карбона Урала имеем две цифры: 240 и 234 млн. лет, полученные на уральских амазонитах Ильменских гор. Один был сделан давно, другой сравнительно недавно, в лаборатории геологии докембрия АН СССР. В амазоните учитывалось содержание рубидия, которое вычиталось из общего содержания калий плюс рубидий.

Уральский амазонит, который показал возраст — 234 млн. лет, можно сопоставить с возрастом самарскита, показавшим по гелиевому методу 250 млн. лет.

Для Калбинского хребта, относящегося к герцинской складчатости, на лепидолите была получена цифра 228 млн. лет, на микроклине — 235 млн. лет.

Для девонского хибинского микроклина, где по гелиевому методу имеется цифра в 280 млн. лет, по аргоновому методу было получено значение в 275 млн. лет; и, наконец, для каледонской складчатости мы имеем цифру 328 млн. лет, полученную на кавказском мусковите.

Анализируя цифры возраста, полученные аргоновым методом, видно, что отклонения как от геологических данных, так и от данных, которые получены другими радиоактивными методами, очень невелики и составляют в среднем $\pm 5\%$. Следующий очень важный вывод, что в этих молодых породах не содержится лишней аргона (не обязанный распаду калия), который может быть окклюдирован минералом в процессе кристаллизации.

Результаты определения возраста аргоновым методом древних минералов, полученные на слюдах и микроклинах, отличаются друг от друга. Так, для микроклинов из пегматитовых жил Ладожской свиты получено два числа — 1500 и 1300 млн. лет, а на монаците этой же свиты показан возраст 1420 млн. лет. Для пегматитов Беломорской формации Карелии свинцовый метод дает цифры возраста 1720—1760 млн. лет. Микроклины этой же формации — 1580—1500 и 1430 млн. лет.

Отсюда ясно видно, что для микроклинов имеет место некоторая потеря аргона. Это вызвано в микроклин-пертите тем, что один минерал пророс другим. Такое прорастание приводит к нарушению цельности структуры минерала. По этим нарушениям диффузия аргона идет легче.

Детальное изучение характера выделения аргона из микрокли-

нов показало, что аргон в этом минерале находится в двух состояниях, резко друг от друга отличающихся. Эти кривые имели следующий вид.

При 100° выделялось некоторое количество аргона. Этот аргон мы считали адсорбированным из воздуха в течение времени лежания образца на воздухе. При дальнейшем подъеме температуры до 300° выделения аргона не наблюдалось. С 400° начинается выделение аргона, которое достигает при 600° некоторого максимума. К 800° количество выделяющегося аргона опять убывает. При 1000° начинается выделение главной массы аргона. При 1250° имеет место только слабое выделение аргона.

Слюды, как показали наши опыты, не теряют аргона до 600°, т. е. в слюдах нет никакого легко выделяемого аргона. Выделение аргона начинается с момента удаления воды, когда разрушается сама структура минерала, т. е. выделение аргона имеет место только тогда, когда разрушается структура минерала.

Такая способность слюд удерживать аргон должна была характеризовать сохранность этого элемента в течение всего геологического времени существования минерала.

Для подтверждения этого положения были исследованы слюды из различных пегматитовых жил Северной Карелии, для которых имелись данные, полученные по свинцу, биотиты показали возраст в 1700—1710 млн. лет, а мусковиты — 1770—1800 млн. лет. Таким образом, на слюдах были получены хорошо сходящиеся значения для возраста, совпадающие в пределах точности опыта с данными по свинцу.

Последний минерал, который мы подвергли исследованию, был мусковит с Украины, из пегматита месторождения Зеленая Могила, для которого получено число в 1920 млн. лет, хорошо совпадающее с данным по свинцу — $1950 \cdot 10^6$ лет.

Как видно из приведенных примеров, аргонный метод дает хорошее совпадение цифр возраста с данными, полученными гелиевым и свинцовым методами.

Совершенно другая картина при сопоставлении результатов определений аргонным методом тех геологических формаций, для которых возраст оценивается стратиграфическими данными. В этом случае установлены расхождения, которые достигают иногда 100—200—300%.

Расхождение, которое было установлено в Карелии, обусловлено не порочностью аргонного метода, а неточностью геологической схемы, принятой в настоящее время. Самые большие расхождения наблюдались для молодых образований Карелии. Наиболее молодыми докембрийскими образованиями являются граниты-рапакиви, время внедрения которых оценивается Холмсом в 600 млн. лет. Эту цифру приводит академик А. А. Полканов в его старой работе 1936 г., ссылаясь на Холмса.

Для определения возраста были взяты различные пегматитовые образования из Выборгского и Сортавальского массивов.

Одно значение для возраста было получено на микроклине из Выборгского массива взятого из пегматита; для этого образца было получено значение в 1180 млн. лет. Аплит дал то же значение — 1180 млн. Для Сортавальского аплита было получено значение в 1190 млн., а для аплита с острова Валаан — 1200 млн. Это самое большое расхождение, которое имелось в данном месте для пегматитового материала*.

Пегматиты очень недалеко распространяются. Они сидят в основном в самом теле гранитного массива. Оценка возраста по Холмсу дает значение около 600 млн. лет. Спрашивается, чем вызвано это расхождение? Чтобы показать, что в исследованных нами образцах нет лишнего аргона, мы построили следующую диаграмму. По оси абсцисс отложено содержание калия. Как видно, содержание калия в отдельных образцах различается в два раза. Несмотря на то, что содержание калия колеблется в два раза, отношение аргона к калию, остается в пределах точности постоянным.

Мы знаем в природе только один процесс, приводящий к накоплению аргона в количествах, пропорциональных содержанию калия, это процесс радиоактивности распада. Если в этом образце имелся лишний аргон, то он в различной мере сказался бы на результате возраста.

Если сопоставить полученные нами числа с данными, полученными для возраста окружающих пород, то оказывается, что пегматиты Выборгского массива являются самыми молодыми, как это и следует из данных геологии.

Для пегматитов Ладожской свиты получено ряд чисел колеблющихся в интервалах от 1290 до 1400 млн. лет. Все пегматиты относящиеся к ладожской свите, оказываются более древними, что согласуется с геологическими данными.

Кроме того, Выборгский массив сечет граниты севернее Выборга, постботнийского возраста; взятые оттуда пегматиты дали значение в 1400 млн. лет и пока эти образования остаются наиболее молодыми в докембрии Карелии.

Отсюда важно было сделать вывод, что если геологи правы и граниты-рапакиви являются самыми молодыми образованиями в докембрии Карелии, то следует считать, что магматическая деятельность окончилась в нижнепротерозойское время.

В заключение я хотел остановиться на диаграммах, которые мы получили, используя все полученные нами данные.

Как известно, на основании геологических данных в докембрии Карелии выделяется четыре группы гранитов — граниты первой, второй, третьей и четвертой групп.

Я пытался узнать, можно ли при помощи данных, которыми мы располагаем, выявить хотя бы три группы гранитов. Для этого

* Определение аргоновым методом оводнов Выборгского рапакиви-гранита два раза дало 1440 и 1360, порфириовидного рапакиви — 1400—1420, аплита Ротручей — 1400 и 1310 (примечание акад. А. А. Полканова).

мною был использован метод, предложенный Валем в 1944 г. Этот метод заключается в том, что если мы располагаем большим числом определений возраста, охватывающим большой интервал времени, то, расположив эти значения вдоль оси времени, можем убедиться, что значения не распределились равномерно по всему интервалу времени, а собираются пачками. На протяжении $1200 \cdot 10^6$ лет Валь выделил семь пачек, соответствующих семи орогенным циклам. Я пытался применить этот метод для выявления количества орогенных циклов в Карелии. Эти выводы весьма предварительные.

В такой диаграмме, следует учесть, что на древних микроклинах имеет место некоторая потеря аргона. Я отложил все данные, полученные нами для Карелии по аргоновому методу. Оказалось, что числа группируются для гранитов четвертой группы около 1180 млн. лет, для гранитов третьей группы в среднем около $1350 \cdot 10^6$ лет, и наконец для второй группы 1500 млн. лет.

Граниты первой группы нами не охвачены.

Таким образом, этот метод подтверждает ту геологическую картину, которая была разработана геологами ранее, т. е. что в Карелии имеется три группы гранитных интрузий, различающихся по возрасту.

Однако эта диаграмма имеет недостатки, которые могут быть устранены в дальнейшем.

В заключение нужно остановиться на числах возраста, полученных Е. С. Бурксером. Мне кажется, что его значения по Украине согласуются с теми данными, которые мы получили на севере. Здесь также самые молодые интрузии, относящиеся к щелочному массиву Мариуполя, имеют возраст порядка 100 млн. лет. У Е. С. Бурксера наблюдается больший разброс значений, и это понятно, ибо метод, примененная им, менее точна. Ошибка опыта достигает $\pm 10\%$.

РАБОТЫ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ АБСОЛЮТНОГО ВОЗРАСТА АРГОНОВЫМ МЕТОДОМ ВО ВСЕСОЮЗНОМ ИНСТИТУТЕ МИНИСТЕРСТВА ГЕОЛОГИИ И ОХРАНЫ НЕДР

Н. И. Полевая

Определение абсолютного возраста различных магматических образований с помощью аргонового метода проводилось во ВСЕГЕИ с 1952 года. Нами была создана высоковакуумная газовая установка для определения малых количеств аргона по типу установки Э. К. Герлинга, освоена предложенная им методика и произведено около 20 определений абсолютного возраста.

Первой нашей задачей мы поставили получение контрольных цифр с Лабораторией геологии докембрия на чистых минералах — микроклине и слюде.

В табл. № 1 представлены результаты определения абсолютного возраста 2-х древних пегматитовых жил Карелии и Кольского полуострова по слюде и микроклину.

Таблица 1

Минерал	Место отбора	Возраст в 10^6 лет		
		Аргоновый метод		Свинцовый метод
		Данные Н. И. Полевой	Данные Э. К. Герлинга	
Микроклин	Карелия	1535	1514 *	1720
"	Кольский п-ов	1520	—	—
Мусковит	Карелия	—	1770 *	—
"	Кольский п-ов	1870	—	—

* Цифры, помеченные звездочкой, сообщены нам Э. К. Герлингом.

Из табл. 1 видно, что нам удалось получить результаты, сходящиеся с данными Э. К. Герлинга. Кроме того, оказалось, что возраст, определенный по слюде, дает более высокие цифры, близкие по значению к данным свинцового метода.

Интересно отметить, что завышенные значения возраста, полученные на мусковитах у нас и в лаборатории Э. К. Герлинга, подтверждаются экспериментальными данными Е. С. Бурксера. Однако нам кажется, что предположение Е. С. Бурксера о наличии избыточного аргона в слюдах, которыми он объясняет завышенные результаты, мало вероятно. Значительно вероятнее предположение Э. К. Герлинга о частичной потере аргона в древних образцах микроклина, тем более, что даже самые древние микроклины дают цифры по агроновому методу не превышающие $1600 \cdot 10^6$ лет. Кроме того, данные по слюде близки к цифрам, полученным свинцовым методом. Это дает основание предполагать, что слюда является более пригодным материалом для применения аргонового метода.

После того, как мы убедились в правильности работы нашего прибора и в доброкачественности результатов, мы решили произвести попытку определения возраста гранитных интрузий непосредственно по валовым пробам гранитов. Нам эта задача казалась наиболее интересной, так как определение возраста гранитных интрузий для геологов имеет большое значение, а граниты не всегда сопровождаются пегматитами или аплитами, т. е. магматическими образованиями, возраст которых определяется аргоновым методом с достаточной достоверностью.

В качестве материала для исследования нами были взяты пробы гранитов-рапакиви Карелии и Украинского кристаллического массива, причем был определен возраст типичных рапакиви с овоидами полевых шпатов, лейкократовых аплитов, пегматитов, а также электромагнитных и кварцевополевошпатовых фракций гранитов.

В табл. 2 приведены результаты наших определений возраста гранитов-рапакиви Карелии и для сравнения приведены данные Э. К. Герлинга.

Таблица 2

Породы	Массив	Возраст в 10^6 лет	
		Наши данные	Данные Герлинга
Аплит	Сальминский	1140 1140	—
	Выборгский	—	1180 1180
Гранит-рапакиви	Сальминский	1470	—
	Выборгский	—	1440

Такая сходимость результатов не может быть объяснена случайными совпадениями и поэтому Э. К. Герлинг склонен считать цифры, полученные по гранитам-рапакиви несколько завышенными. Мы присоединяемся к его мнению, тем более, что проведя такую же серию определений на материале Украинских гранитов-рапакиви, мы получили аналогичную картину. Данные по Украине приведены в табл. 3.

Таблица 3

Порода	Массив	Возраст в 10^6 лет		
		Наши данные	Данные Герлинга	Данные Бурксера
Пегматит	Коростенский (с. Писаревка)	1000	—	1040
	с. Игнат-Поль	—	1135	—
Гранит-рапакиви	Корсунь-Новомир- городский с. Устиновка	1520	—	—
		1580	—	—
		1400	—	—

Таким образом, три лаборатории дают по аргоновому методу близкие цифры по пегматитам и аплитам Украинского и Карельского комплексов рапакиви и вероятно цифру порядка $1000-1200 \cdot 10^6$ лет следует считать достаточно достоверной.

Полученные результаты говорят о факте завышения на $200-300 \cdot 10^6$ лет возраста гранитов по сравнению с возрастом их аплитов или пегматитов.

Так как невозможно представить себе, что процесс пегматитообразования отделен от прото- и мезокристаллизации интрузии столь продолжительным отрезком времени, то осталось предположить наличие в гранитах избыточного радиогенного аргона.

Мы присоединяемся к предположению Э. К. Герлинга о возможности при определенных термо-динамических и физико-химических условиях окклюзии аргона из магмы (где он накопился благодаря распаду калия) в момент кристаллизации тела интрузии. Подобная окклюзия аргона строящимися кристаллическими решетками может происходить при условии неполного отщепления газовой фазы.

Наличие «избыточного», окклюдированного из магмы аргона можно проверить экспериментально.

При явлении окклюзии мы должны обнаружить его, так как содержание его не может быть пропорциональным содержанию калия в пробе. При определении возраста одновозрастных образцов с увеличением в них содержания калия должно падать отношение $\frac{Ar^{40}}{K^{40}}$ и, следовательно, получаться уменьшающиеся значения возраста.

В случае отсутствия «избыточного» аргона, различие в содержании калия не скажется на результатах определения возраста.

Нами произведено несколько подобных определений, но, к сожалению, со значениями содержания калия различающимися только на 30% и поэтому картина получена не очень отчетливая. На табл. 4 видно, что изменение содержания калия от 3,9 до 7,54 не приводит к изменению отношения $\frac{Ar^{40}}{K^{40}}$ для аплитов и пегматитов.

Таблица 4

Порода	% К	$\frac{Ar^{40}}{K^{40}}$	Возраст в 10^6 лет
Аплит	3,9	0,097	1140
	4,1	0,097	1140
Пегматит	5,33	0,096	1135
Гранит-рапакиви	3,56	0,153	1580
	4,03	0,144	1520
	4,09	0,129	1400
	4,65	0,139	1470

В случае же гранитов наблюдается зависимость между содержанием калия и возрастом.

На материале Приморья нами сделано 2 определения абсолютного возраста молодых верхнемеловых аплитов с резко различающимися значениями содержания калия.

Образец аплита № 917 (Сихоте-Алинь) с содержанием калия 6,8% дал возраст равный $87,5 \cdot 10^6$ лет (отношение $\frac{Ar^{40}}{K^{40}} = 0,0055$). Другой образец того же аплита № 135/6 дал такую же цифру, несмотря на то, что содержание калия в нем было меньше почти в три раза (2,68%).

В истекшем году нами было еще произведено определение возраста Каларского плутона (Олекмо-Витимский район) из двух параллельных проб, с целью проверить величину ошибки метода.

Мы получили расхождение между результатами только в $20 \cdot 10^6$ лет (980 и $1000 \cdot 10^6$ лет).

Весьма любопытно, что эти результаты, вполне устраивающие геологов, получены на гранитах. К сожалению, мы не имели возможности повторить определение возраста на аплитах или пегматитах и поэтому не можем сказать, имеет ли и здесь место наличие избыточного аргона. Этот пробел восполним в 1953 г., когда будут собраны специальные пробы.

На сводной табл. 5, где представлены результаты нашей работы 1952 года, следует обратить особое внимание на пробу гранита из Забайкалья.

Сводная таблица результатов

№ опыта	Название пробы	Место отбора пробы	К %	Навеска К для определения Ar	K ⁴⁰ 10 ⁻⁵ 2	Выделенный аргон				Возраст 10 ⁶ лет	Предполагаемый возраст по геологическим данным	Возраст в 10 ⁶ лет		
						(pv)	10 ⁻³ см ³	10 ⁻⁵ 2	Ar ⁴⁰ / K ⁴⁰			He	Ar	Pb
3	Микроклин	Карелия	9,61	100	115	78000	95,5	17,0	0,147	1535	Архей	—	1510	1720
4	"	Кольский п-ов	9,42	100	113	74000	90,8	16,2	0,143	1510	"	—	—	—
5	Мусковит	"	8,28	50	49,7	46000	56,3	10,0	0,200	1870	"	—	—	—
6	Рапакиви-аплит	Карельский	3,9	100	46,8	21000	25,4	4,54	0,097	1140	Протерозой	—	1180	—
7	Рапакиви-аплит электромагнитная фракция	Карелия	4,1	80	39,2	17610	21,3	3,8	0,097	1140	"	—	—	—
8	Рапакиви-очковый гранит	"	4,65	100	55,9	35700	43,5	7,8	0,139	1470	"	—	1440	—
9	Рапакиви-очковый гранит	Украина	4,09	30	14,7	8650	10,6	1,9	0,129	1400	"	—	—	—
10	Рапакиви-очковый гранит кварц-полевошпатовая фракция	"	4,03	30	14,5	9500	11,7	2,1	0,144	1520	"	—	—	—
11	Рапакиви-мелкозернистый 2872-6	"	3,58	100	43,0	30230	36,9	6,6	0,153	1580	"	—	—	—
12	Пегматит	"	7,54	100	90,5	33300	40,8	7,3	0,082	1000	"	—	1135	—
13	Гранит	Восточная Сибирь	4,95	150	83,0	32000	39,4	7,03	0,081	930	"	—	—	—
14	Гранит (контроль)	"	4,95	100	58,9	21120	24,1	4,84	0,082	1000	"	—	—	—
15	Гранит	Забайкалье	2,31	100	27,7	2940	3,6	0,64	0,023	343	Юра	120	—	—
16	Аплит № 917	Сихоте-Алинь	6,8	135	110	2800	3,4	0,607	0,0055	87,5	Верхний мел	—	—	—
17	Аплит № 135/6	"	2,68	125	40,2	1070	1,28	0,22	0,0055	87,5	Верхний мел	—	—	—

Нами был определен возраст Борщовочного интрузива в $343 \cdot 10^6$ лет, что не согласуется с данными гелиевого метода. Институтом радия по монацитам Каменной россыпи возраст Борщовочного интрузива был получен по гелию $120 \cdot 10^6$ лет.

Однако подобное завышение легко объясняется, так как борщовочный гранит носит, как это оказалось при детальном изучении, явные следы ассимиляции более древнего ундинского гранита и поэтому является непригодным материалом для определения абсолютного возраста.

В заключение хочу сказать, что наша возрастная группа во ВСЕГЕИ работает в тесном контакте с геологами в обстановке доверия и взаимопомощи. В экспериментальной работе 1952 г. принимали участие сотрудники института — Спрингсон В. Д. и Зарезакина А. К.

В дальнейшем мы будем продолжать изучение пригодности гранитов для определения возраста по аргону на материале Приморья.

ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЙ СВИНЦОВЫМ МЕТОДОМ И ЗНАЧЕНИЕ ЕГО ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВОЗРАСТОВ ВТОРИЧНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ МИНЕРАЛОВ

А. И. Тугаринов

Я хотел бы остановиться на двух основных вопросах: первый вопрос — о смещении свинцово-уранового равновесия, которое иногда влияет на точность определения свинцовым методом и второй вопрос, очень существенный — можем ли мы пользоваться минералами частично измененными для наших возрастных определений или круг возможностей метода надо сузить так, как нам предлагают наши руководители.

Я об этом говорю потому, что по первому вопросу у нас есть ряд наблюдений, поскольку в нашем институте некоторые экспериментальные работы также ставились по определению изотопного состава свинца, как рудного, так и из урановых минералов.

Эти наблюдения вместе с изотопными анализами свинца урановых минералов, сделанными НИР, достаточно отчетливо показывают, что первичный захват обыкновенного свинца урановыми минералами, во всяком случае теми минералами, в которых содержится уран и торий в значительных количествах составляет при грамотном выборе образцов ничтожную величину.

Поэтому предложение А. Е. Ферсмана, предполагавшего вхождение свинца в первоначальную решетку уранинита, надо отвергнуть как нереальное. Это объясняется даже не теми кристаллохимическими особенностями, о которых говорил Л. В. Комлев, приводивший размеры ионных радиусов элементов, способных захватывать изоморфно свинец, так как мы знаем, что свинец может чаще захватываться в виде рассеянных сульфидов.

Отсутствие обыкновенного свинца в уранинитах объясняется прежде всего тем, что геохимия урана и свинца, условия их осаждения и миграции резко различны и в подавляющем большинстве случаев при эндогенных и осадочных процессах минерализации ведут к их разделению. Отдельные анализы изотопного состава свинца произведенные НИР показывают, что свинец 204, если и констати-

ровался, то это объяснялось прежде всего тем, что брались заведомо неправильно подобранные образцы урановой смолки, пересекаемые прожилками галенита позднего этапа минерализации.

Указание на то, что существует монацит с первичным обыкновенным свинцом, достаточно интересно, но этот факт требует дальнейшего изучения.

Весьма возможно, что этот свинец более поздний, т. е. инжецировавшийся в монацит в виде самостоятельного минерала гораздо позднее его образования. Естественно тогда поправку пришлось бы сделать совершенно чную, так как соответствующий изотопный состав привнесенного свинца оказался бы несколько иным, чем тот, который был принят, исходя из возраста самого монацита.

Другой вопрос, представляющий большой интерес о нашем отношении к цифрам, получаемым свинцовым методом.

Чисто статистический анализ результатов, которые имеются, в совокупности с нашими данными, показывает, что свинцовый комплексный метод с привлечением изотопии всегда дает, как правило, наибольший возраст. Такого случая, когда он давал бы заведомо заниженные цифры, т. е. эффект, который предполагает опасность удаления части свинца, практически нигде на фактическом материале не констатируется. И он очень мало вероятен. Слишком мал период жизни радона. Эффект эманирования мы изучаем обычно по раздробленным истертым образцам, заведомо его преувеличивая. Очень мало вероятен уход промежуточных продуктов распада. Но очень часто наблюдается эффект иного порядка. Это действительное отклонение свинцово-уранового соотношения в пользу свинца за счет удаления части урана.

Я хотел бы обратить внимание на то, что эти данные отчетливо показывают увеличение возраста по отношению, в котором фигурирует изотоп свинца 207.

Дело в том, что константа распада урана 235 на много выше константы распада урана 238. Отношение урана 235 к урану 238 было когда-то гораздо большим, чем сейчас и резко возрастает по мере углубления в века.

Если наблюдать зерна уранинита, которые на каком-то этапе своей жизни подвергались значительному метаморфизму воздействия термальных растворов, свинец, как правило, будет гораздо охотнее задерживаться на месте разрушающегося минерала в виде сульфида или самородного свинца, чем уран, который будет нацело выноситься.

Вся дальнейшая история подобных уранинитов, подвергшихся коррозии, будет заключаться в том, что добавки радиогенного свинца будут идти из меньшего количества урана. Соответственно этим меньшим количествам уран будет давать меньшее поступление свинца при распаде. Но так как отношение изотопов урана изменилось в пользу урана 238, то занижение добавок свинца будет происходить, главным образом, за счет свинца 206. Соответственно в подобных случаях мы всегда будем наблюдать завышение возраста во всех

цифрах, в которых фигурирует в числителе свинец 207. Так оно и наблюдается.

Те же самые соотношения были в цифрах И. Е. Старик. У нас были другие цифры с еще большими расхождениями, когда мы преднамеренно исследовали уранинит, по периферии которого наблюдались зернышки галенита. Расхождения были большие, однако первичный возраст уранинита мог быть определен с учетом отклонений определявших тем, что произошло смещение изотопного состава свинца за счет частичной коррозии уранинита.

Этот факт представляет большой интерес.

Нам заявили, что при желании заниматься абсолютным возрастом, оперируйте неизменными минералами, тщательно отбирайте только сохранившиеся минералы и больше ничего не имеете права делать. Такая постановка вопроса неправильна, она ограничивает наши возможности в определении возраста тех изменений минералов, которые мы наблюдаем в природе, возраст таких событий, которые представляют иногда больший интерес, чем возраст исходных минералов.

Некоторые шаги в этом «запретном» направлении мы предприняли. В частности, определение абсолютного возраста свинца разрушенного уранинита, которым обычно не занимаются, изотопного состава свинца включений галенита в краевой части этого уранинита и урановой смолки второй генерации, возникших при его разложении дало нам возможность установить два возраста — возраст первичного уранинита и возраст того момента метаморфизма, когда данный уранинит подвергся катастрофическому изменению вплоть до образования сульфида свинца из свинца, накопившегося в уранините в результате распада урана.

Таким образом, мне кажется, что наблюдения и исследования в этом направлении надо бы стараться развивать, а не лимитировать, не ограничивать.

Первоначальный возраст минералов представляет значительный интерес, но еще интереснее их дальнейшая судьба.

Я хотел остановиться еще на одном вопросе. Два года тому назад мы впервые определили свинцовым методом с применением изотопии возраст саксаганской толщи, который составляет 2 млрд. лет. Тогда геологи с нами не соглашались.

Я сегодня с удовольствием констатирую, что эта цифра принимается и может быть подтверждена теми геологическими соображениями, которые здесь были приведены. Повидимому, мы имеем дело с весьма древними образованиями на Украине.

РАБОТЫ КАЗАХСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АБСОЛЮТНОГО ВОЗРАСТА ГОРНЫХ ПОРОД

В. В. Чердынцев

Исследование некоторых вопросов миграции радиоэлементов в связи с определением абсолютного возраста характеризуется для советской радиологии исследованием процессов во взаимосвязи с окружающей средой. Именно такой путь был намечен нашими советскими учеными радиологами академиком В. Г. Хлопиным и академиком В. И. Вернадским. В этом же направлении велись работы, связанные с определением абсолютного возраста.

Как известно, в этом случае внешнее влияние является вредным фактором. Если константа распада практически не зависит от внешних условий, т. е. степень влияния этих условий значительно меньше, на много порядков меньше, чем точность измерений, то содержание радиоэлементов и их продуктов, по которым определяется возраст, существенно нарушается вторичными процессами миграции.

Одной из основных задач учения об определении абсолютного возраста является, естественно, исследование этих процессов.

Я расскажу о некоторых работах, которые выполняются коллективом сотрудников кафедры экспериментальной физики Казахского университета в Алма-Ате, которой я руковожу.

Прежде всего, я расскажу о некоторых работах, касающихся эманирования.

Некоторое время назад появилась за рубежом работа Викмана, исходящая из факта, что возраст, который определяется по соотношению RaG/U , иногда меньше, чем возраст по AcD/U .

Отсюда делается вывод, что эффект объясняется тем, что Rn — долго живущую эманацию — минерал может терять.

Я бы не стал останавливаться на этой кабинетной работе (радиология — наука не кабинетная), если бы это положение не вошло в работы, например, в бюллетень по определению геологического возраста (работы Холмса и другие).

Заслуживает удивления то, что зарубежными исследователями проводилось чрезвычайно трудоемкое определение изотопов свинца в минералах, но в то же время не делалось весьма простого определения эманирования ими радона, а коэффициент эманирования оценивался косвенным путем по соотношению RaG и AcD.

Наша работа была поставлена таким образом. Прежде всего мы проводили параллельное исследование эманирования радона и актинона, поскольку два эти продукта происходят от изотопов урана, которые заведомо изотропно входят в кристаллическую решетку минералов. Исследуя их выделение можно получить ценные сведения о механизме эманирования.

Нами было проведено достаточно трудоемкое исследование 16 минералов. В табл. 1 приведены некоторые данные. Они показывают, что для первичных минералов имеет место практическое совпадение коэффициентов эманирования радона и актинона.

Таблица 1

Эманирование радона и актинона некоторыми природным и минералами

Название минерала	Коэффициент эманирования, в %	
	радона χ_{Rn}	актинона χ_{An}
Первичные минералы		
Уранинит	0,021	0,020 ± 0,01
Молибденит	2,08 ± 0,04	2,3 ± 0,2
Циртолит	12,9 ± 0,6	10,4 ± 0,4
Малакон	4,2 ± 0,3	4,4 ± 0,2
Танталит	0,61 ± 0,02	0,60 ± 0,03
Колумбит	1,0 ± 0,05	1,0 ± 0,2
Вторичные минералы зон окисления рудных месторождений		
Смоляная медная руда	8,6 ± 0,5	10 ± 2
Хризокolla	64 ± 6	57 ± 2
Окаменелые кости		
Кость <i>Camelidae</i> , неоген	57	7,6

Тоже наблюдается для исследованных вторичных минералов зон окисления. Но для окаменелых костей мы имеем резкое увеличение коэффициента эманирования радона по сравнению с актиноном. Очевидно, что для первичных минералов роль диффузии эманации при нормальной температуре не так велика, лежит за пределами

точности наблюдения. Если бы происходила сколько-нибудь интенсивная диффузия атомов эманации через кристаллическую решетку минерала, а не только выделение атомов за счет отдачи, то очевидно имелось бы некоторое увеличение x_{Rn} по сравнению с x_{An} . Для окаменелых костей мы такое положение действительно наблюдаем.

Вторым этапом наших работ было исследование коэффициентов эманирования торона и радона.

В табл. 2 приведены некоторые результаты. Оказывается, что эти коэффициенты не равны. Намечается некоторая зависимость от вида минерала, при большом разбросе значений для отдельных образцов. Для большинства исследованных минералов среднее соотношение x_{Tn}/x_{Rn} больше единицы, а для вольфрамитов падает до 0,13. Если бы имела место диффузия атомов эманации в существенных размерах, мы должны были бы всегда иметь уменьшение этого соотношения ниже $x_{Tn}/x_{Rn}=1$. Поскольку опыты по короткоживущему актинону показали практическое равенство коэффициентов эманирования x_{An} и x_{Rn} , то из сравнения коэффициентов эманирования торона и радона следует, что торий и уран входят в кристаллическую решетку неоднородно по отношению к тем капиллярам, по которым происходит выделение эманаций. Имеет место предпочтительное выделение торона.

Таблица 2

Минерал	Число исследованных образцов	Отношение коэффициентов эманирования торона (x_{Tn}) и радона (x_{Rn})		
		от	до	среднее
Вольфрамиты	4	0,07	0,2	0,13
Ильмениты	7	0,3	4	1,00
Касситериты	4	0,9	2,2	1,3
Монациты	8	1,0	1,95	1,38
Сфены	4	1,0	3,3	1,62
Танталиты } Колумбиты }	15	0,0	15	4,2

Я не знаю — связано ли это анизотропным всхождением радиоэлементов в кристаллическую решетку или же с микровключениями обогащенными торием или ураном — это вопрос особый, но полученный материал имеет известную ценность при изучении условий всхождения радиоэлементов в природные минералы.

Если мы будем увеличивать температуру, то будут увеличиваться коэффициенты эманирования и торона и радона. При повышении

температуры до 1000° С коэффициент эманирования радона для сфена, например, возрастает в тысячи раз от 0,02 до 74%. Коэффициент эманирования торона также увеличивается (от 0,2 до 6,8%), но отношение этих коэффициентов резко падает во много раз. При высокой температуре торон выделяется в меньшей степени, чем радон. Здесь в эманировании очевидно начинает играть решающую роль уже диффузия, а не прямое поступление атомов отдачи, которое, повидимому, доминирует при комнатной температуре (табл. 3). Итак, когда мы увеличиваем температуру, у нас коэффициенты эманирования возрастают. Если понижать температуру, он падает образуя фигуру, подобную петле гистерезиса, т. е. падает ниже кривой возрастания от начальных условий. Если в дальнейшем нагревать и охлаждать минерал, то изменение эманирования будет происходить уже обратимо. Таким образом, прокаливание сильно уменьшает коэффициент эманирования (для исследованного нами сфена в 20 раз).

Таблица 3

Изменение отношения коэффициентов эманирования торона и радона с увеличением температуры для некоторых минералов

Минерал	x_{Tn}/x_{Rn} при температуре	
	комнатной	1000 °С
Танталит	63	6,3
Монацит	0,83	0,13
Сфен	10,5	0,09

Отсюда можно сделать вывод, что термическое изменение не всегда вызывает разрушение и не всегда облегчает миграцию элементов а иногда, наоборот, уплотняет кристаллическую решетку.

Причина этого достаточно ясна. На механизме этого я не буду останавливаться за недостатком времени. Если мы сравним условия миграции трех основных радиоэлементов, которые существенны для классических методов определения возраста,— радон, радий и гелий, то для радона в значительном большинстве случаев в основном имеет место процесс выделения атомов отдачи. Для радия, как это показали известные опыты члена-корреспондента АН СССР И. Е. Старика, имеет место как отдача, так и диффузия, а для гелия имеет место потеря гелия за счет отдачи, потому что, наряду с эманированием, происходит испускание альфа-частиц, но в основном потеря связана с последующей диффузией, как это было также достаточно давно показано исследованиями профессора Э. К. Герлинга.

Надо сказать, что прямого параллелизма между процессами потери гелия за счет непосредственного выделения альфа-частиц и за счет диффузии нет. Как показывают данные табл. 4, средние значения коэффициентов эманирования радона для минералов с хорошей сохранностью гелия могут быть больше, чем для минералов с плохой сохранностью.

Т а б л и ц а 4

Минералы	Среднее значение в %	Сохранность гелия
Танталиты	1,72	} Хорошая
Ильмениты	4,1	
Касситериты	4,4	
Монациты	0,35	} Плохая
Уранинит	0,02	

В процессе эманирования может иметь место процесс вторичного обогащения минерала радиоактивным свинцом, т. е. из газовой фазы выпадает активный налет, который остается на поверхности минерала и в дальнейшем переходит в один из изотопов свинца. Это явление может быть существенно в тех случаях, когда объект имеет большие геометрические размеры.

Сейчас кратко я расскажу о следующей работе, результатами которой я хотел поделиться: работа по исследованию иония.

В основном нами были подтверждены старые исследования (акад. В. Г. Хлопин, член-корр. АН СССР И. Е. Старик), согласно которым ионий оказывается значительно более стабильным в природных условиях, чем уран и радий.

Для некоторых вторичных минералов мы наблюдали равновесное соотношение урана, иония и актиния и в 3—4 раза меньшее содержание радия (табл. 5). Для неустойчивых вторичных минералов (например, шрекингерит) имеет место значительное смещение равновесия: иония в 10 раз меньше, чем равновесное урану, радия еще в два раза меньше. Определение абсолютного возраста молодых вторичных минералов безусловно должно включать определение иония, так как определение возраста по радю часто приводит к неверным результатам ввиду возможности значительной миграции этого элемента.

Приведу предварительные данные по исследованию морских илов (табл. 6).

Содержание радиоэлементов уменьшается с глубиной взятия ила, но радиоактивное равновесие не имеет места, и возрасты, найденные по различным радиоэлементам, резко отличаются. Это указывает на значительную миграцию (вероятно, в первую очередь,

радия и актиния) в морских илах, делающую, повидимому, невозможным определение их возраста по радию, как это было предложено американскими учеными.

Таблица 5

Содержание иония и других радиоэлементов в некоторых минералах

Название минерала	Содержание радио-элементов в % эквивалентного урана			
	урана	иония	радия	актиния
Хризоколла	0,05	0,04	0,013	0,05
Окаменелая кость . . .	0,024	0,02	0,0084	0,02
Шрекингерит	12	0,12	0,28	0,5

Таблица 6

Содержание иония, радия и актиния в морских илах

Образец №	Глубина от поверхности дна в см		Содержание в 10^{-3} % эквивалентного урана		
			радия	иония	актиния
1	8-14	$R_1 =$	0,58	3,3	2,8
2	21-31	$R_2 =$	0,39	0,9	2,2
R_1/R_2			1,5	3,6	1,3
Относительный возраст в тыс. лет			47	148	16

Оставим в стороне вопрос, об определении возраста илов по ионию. В этом направлении необходима дальнейшая работа.

Сейчас перейдем к третьей работе, о постоянстве изотопного состава урана. Это связано с достаточно широким исследованием отношения актиниевого и уранового рядов, которое мы проводим. В первую очередь, нами исследовалось отношение актиния и радия в природных минералах, так как эти определения удается проводить сравнительно легко и с большой точностью методом эманации или активного налета. Нами проведено больше 300 определений, причем для подавляющего большинства первичных минералов наблюдалось постоянство отношений $\frac{Ac}{Ra}$, откуда с большой долей уверенности

можно говорить и о постоянстве отношений изотопов урана, актиноурана и урана.

Однако, наряду с этим, нами были обнаружены случаи завышенного отношения актиния и радия. Такое завышение естественно для молодых минералов, но для древних первичных минералов оно является аномальным. Аномалия наблюдается в первичных минералах с хорошей сохранностью на что указывает, например, наличие избыточного гелия. Напротив, для вторично разрушенных минералов в ряде случаев наблюдается нормальное актиний-радиевое отношение.

Увеличение отношения актиния к радью наблюдается для ряда парагенетических связанных минералов, чем этот эффект отличается от обычных следствий миграции, приводящих к увеличению и соответственно уменьшению содержания данного радиоэлемента для различных объектов одного месторождения. Некоторые результаты приведены в табл. 7.

Существенно, что аномалия Ac/Ra — отношения в среднем увеличивается для минералов с меньшим содержанием радиоэлементов и имеет определенную химическую закономерность.

Наибольшей величины она достигает для ранних сульфидов (молибденитов), для некоторых окислов (касситерит, кварц). Если в данной ассоциации нет молибденита, то она наблюдается и в других сульфидных минералах, согласно следующей закономерности:

Молибденит — кварц, касситерит — карбонаты — магнетит

часто обнаруживают аномалию
халькопирит — галенит — сфалерит

обнаруживают аномалию при отсутствии молибденита
вольфрамиты, вторичные минералы, сульфидные минералы зоны цементации, вмещающие породы

не обнаруживают аномалии

Формально говоря, аномалия имеет место для минералов образованных как литофильными, так и халькофильными элементами.

Все эти черты резко отличают случай аномального актиний-радиевого отношения от обычных миграционных процессов и заставляют нас признать, что, в сущности, в исследовании миграции радиоэлементов еще далеко не все известно. Возможны два объяснения эффекта аномалии — миграционное и радиоактивное. Мы проверили гипотезу о радиоактивном происхождении аномалии за счет наличия некоторого трансуранового элемента, дающего в процессе распада продукты актиниевого ряда.

Для некоторых минералов было проведено определение изотопического состава урана нейтронметрическим методом. Легко показать, что распад гипотетического зауранового излучателя неминуемо должен привести к образованию актино-урана и, следовательно,

к смещению изотопного состава урана. Результаты исследований приведены в табл. 8. Точность измерений не очень велика, ввиду малой активности препаратов (до $p \cdot 10^{-5}$ г урана).

Таблица 7

Радиохимическая характеристика некоторых минералов с аномальным актиний-радиевым отношением

Описание минерала	Содержание			$\frac{Ac}{Ra}$ (нормально $\frac{Ac}{Ra} = 1$)
	в единицах эквивалентного урана в $10^{-4}\%$		в $10^{-4}\%$ тория	
	актиния	радия		
Казахстан. Заилийский Алатау. Средний Талгар				
Молибденит	640	68	10	9,4
Пирролюзит	21,6	4,5	9,2	4,8
Окислы железа	52	7,4	8,4	7,0
Сидерит	9,2	3,4	0,7	2,7
Кварц	13,6	6,7	6,1	2,0
Молибдит	32	28	4	1,1
Армянская ССР. Давачи				
Молибденит	5,1	1,5	1,4	3,5
Кварц	9,7	0,7	2,8	14
Анкерит	3,8	2,5	0,8	1,5
Халькопирит	6	4	25	1,5
Армянская ССР. Кафан				
Халькопирит	3,16	0,45	0,8	7,0
Борнит	0,5	0,13	0,13	4
Галенит	0,26	0,04	0,02	6,5
Кварц, содержащий халькопирит	19	2	8	9,3
Кварц, содержащий сфалерит	2,6	0,3	1,3	8,7

Также мы исследовали фракции, содержащие молибден, вольфрам, рений и редкие земли, выделенные из аномальных минералов. Они не показали никакой аномальной активности. Таким образом, повидимому, аномалия связана с некоторым миграционным

процессом. Уран-радиевое отношение для аномальных минералов обычно является равновесным.

Таблица 8

Изотопный состав урана, выделенного из молибденитов с аномальным актиний-радиевым отношением

Месторождение	Содержание урана в %	$\frac{Ac}{Ra}$	Отношение $\frac{Ac}{U}$
Казахская ССР. Пик Маяковского .	$4 \cdot 10^{-3}$	1,3	$0,96 \pm 0,15$
Казахская ССР. Средний Тамар . .	$1 \cdot 10^{-4}$	3,8	$0,86 \pm 0,25$
Армянская ССР. Ластакерт	$4 \cdot 10^{-5}$	30	$1,03 \pm 0,3$

Таким образом, изотопный состав урана в большинстве природных минералов (как «нормальных», так и аномальных) оказывается в пределах точности определения, постоянным для AcU и U. Наряду с этим, нами было обнаружено весьма интересное явление, еще не изученное до конца — явление отклонения отношений UI и его продукта распада UII от равновесия для некоторых природных объектов. Основы учения о миграции радиоэлементов в природе, о их переходе в жидкую фазу, были разработаны И. Е. Стариком, которым было показано, что для радия имеет место как процесс выделения атомов отдачи — выщелачивание, так и прямое растворение. Для урана же имеет место только растворение этого первичного материнского вещества. Но это относится только к UI, а UII является продуктом изменения UI и, очевидно, при распаде может попасть в другие участки кристаллической решетки минерала. Поэтому переход в жидкую фазу для UI и UII может осуществляться по-разному. Нами были исследованы первичные минералы, сернокислые вытяжки из первичных и вторичных минералов и природные воды. В большинстве случаев было получено нормальное отношение UI к UII, но в некоторых случаях замечены отклонения. Эти данные представляют определенный интерес, так как до настоящего времени колебания изотопического состава урана в природных объектах не были описаны. Результаты приведены в табл. 9. Погрешность довольно велика, порядка 20%.

В большинстве случаев наблюдается увеличение отношения $\frac{U-II}{U-I}$, что связано с большей возможностью выщелачивания. Отношение определялось по формуле: $\gamma = 2 \frac{\alpha}{\beta} - 1$, где α и β — активности препаратов урана по альфа и бета-излучению, нормированные так, что $\alpha = \beta$, для случаев равновесия UI и UII.

Объект исследования	Отношение $\gamma = \frac{U^{II}}{U^I}$ (равновесное значение $\gamma = \frac{U^{II}}{U^I} = 1$)	Содержание урана в препарате (в мг)
Первичные минералы		
Вытяжки из первичных минералов .	1	—
Шрекингерит	2,5; 2,5; 2,0	0,8—6,7
Природная вода № 1	1,7	0,43
Природная вода № 2	1,7	0,12
Вытяжка из сланца	0,4	0,74

Я не предрешаю геохимического значения обнаруженного эффекта, но очевидно, что в этом случае мы можем иметь природный меченый уран. Применение его имеет значение для ряда вопросов для определения возраста, миграции, а также объектов, образовавшихся в пределах от 0,25 до 1 млн. лет тому назад. Весь этот интервал возрастов до сих пор практически лежал вне возможности определения радиоактивными методами.

О СТРАТИГРАФИЧЕСКОМ ПОЛОЖЕНИИ МАГМАТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ УКРАИНСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА

Ю. И. Половинкина

Н. П. Семеновко в своем сообщении очень наглядно показал нам трудности для геологов и петрологов, встречающиеся при изучении украинского кристаллического массива. Затруднения эти, несомненно, значительно большие, чем при изучении карело-финского докембрия. Это связано с тем, что в Украинском кристаллическом массиве магматические интрузивные породы резко преобладают над осадочными комплексами.

Многолетние исследования на Украине позволили геологам составить ряд стратиграфических схем, которые с каждым годом становятся все более и более обоснованными, и в связи с этим расхождения между ними делаются все меньшими и меньшими.

Для успешной работы по изучению украинского докембрия необходимо соблюдать три главных условия:

1. Необходимо больше коллективности в работе; необходима организация постоянного общения работников в этой области, организация таких конференций, какая сегодня проводится в Киеве.

2. Необходимо чрезвычайно тщательно и скрупулезно точно производить геологические наблюдения и бережно относиться к их интерпретации.

К сожалению, многие существенные расхождения во взглядах объясняются тем, что одни и те же факторы у разных исследователей получают совершенно различные интерпретации, а отсюда делаются и различные выводы.

3. В деле изучения Украинского кристаллического массива необходимо руководствоваться какой-то большой ведущей идеей. Н. П. Семеновко такую идею видит в анализе структур. Я к изучению докембрия Украинского кристаллического массива подошла с несколько иных позиций.

Под руководством Ю. А. Билибина разработана схема развития магматизма и эндогенной минерализации подвижных зон зем-

ной коры; эта схема была разработана сначала для герцинских образований. Перед работниками Всесоюзного геологического института стоит задача проверки и доработки этих вопросов для подвижных зон другого возраста. Совершенно несомненно, что полной аналогии между развитием подвижных зон и связанного с ними магматизма в различные периоды образования сиалической оболочки земли мы не найдем, но тем не менее большие и общие черты сходства должны сохраниться. Руководствуясь такой схемой, я приступила к анализу Украинского кристаллического массива.

В развитии каждой подвижной зоны выделяются три последовательных этапа: этап геосинклинального осадконакопления и образования суперкристалльных толщ, складчатость этих толщ, консолидация их, образование складчатого комплекса и превращение его в платформу. Каждому из них свойственны свои интрузии. Для герцинских магматических комплексов это разработано с большой детальностью. Определенные общие черты такого развития магматизма наблюдались и в зонах другого возраста. Для раннего возраста характерны интрузии основных пород и плагиоклазовых гранитов.

Средний этап — преимущественно интрузии гранитов более или менее богатых калием, нередко чрезвычайно богатых калием и носящих в некоторых случаях характер метасоматических образований.

Следующий этап характеризуется также интрузиями кислых гранитоидных пород, а также щелочных пород и габбро-диабазов.

Некоторые определенные черты сходства с такой схемой с несомненностью устанавливаются и в Украинском кристаллическом массиве.

В структуре Украинского кристаллического массива в настоящее время выделяют несколько ярусов сооружений, как о том говорил Н. П. Семененко.

В составе нижнего яруса, отвечающего нижнеархейской складчатой зоне, выделяем комплекс древних гнейсов, которые представляют собой наиболее древние эффузивно-осадочные образования. Эффузивными в этой толще являются амфиболиты и, повидимому, часть пироксено-плагиоклазовых гнейсов. Развитие этой толщи наблюдается на всем протяжении Украинского кристаллического массива. Это видно на карте Н. П. Семененко и на нашей карте 1,5-миллионного масштаба. Породы этого комплекса характеризуются темным цветом, иногда почти черным, красноватым (при наличии гранатов), зеленоватым (при наличии большого количества пироксена), светлозеленым (в пироксено-карбонатных породах) и размером зерна от 0,3—0,5 до 1—1,5 мм. Эта толща отвечает раннему этапу развития нижней архейской подвижной зоны. К тому же этапу относятся интрузии основных и ультраосновных магматических пород, которые развиты в Побужье и Приазовьи. Они залегают послыно в толще гнейсов.

Значительным развитием в нижнеархейской подвижной зоне пользуются интрузии, которые отвечают периоду складчатого обра-

зования. Это интрузия серых гранитов, которые получили на Украине название житомирского и кировоградского и отнесены к кировоградскому комплексу. Сюда относятся также связанные с ними гранодиориты звенигородский и кременчугский и гибридный чудново-бердичевский гранит.

Исследования этих гранитов показывают, что они характеризуются внутренней структурой, согласной со структурами вмещающих их гнейсов, и тела их ориентированы согласно с простираaniem складчатости гнейсовой толщи. Эти граниты сопровождаются большим количеством пегматитов, которые образуют большие пегматитовые поля вокруг интрузий. Пегматит содержит полевой шпат, пригодный как керамическое сырье, и значительно реже слюду.

Слюдяные месторождения пока не дают хороших результатов, это, видимо, связано с тем, что пегматиты интродировали до второй складчатости. Поэтому слюда является в них ельчатой, не имеющей ценности или имеющая небольшую ценность.

К последним магматическим образованиям этого комплекса относятся только субмеридиональные жилы диабазы. Более молодые породы этого комплекса пока неизвестны.

Затем наступает большой перерыв, который отмечен на моей стратиграфической схеме и на схеме Н. П. Семененко. Все, что образовалось раньше этого перерыва, относится к нижнему архею. Позднее начинается процесс формирования второй подвижной зоны.

Складчатость архейских гнейсов Украинского кристаллического массива не имеет четко выраженного простираания, что хорошо видно по сохранившимся значительным участкам гнейсов в разных частях массива. Такое отсутствие четко выраженного простираания в складках является характерным для древнейшей складчатости докембрийских массивов.

После перерыва на размытой поверхности этих образований идет отложение осадочной толщи второго яруса сооружений. Здесь также устанавливается геосинклинальный этап, собственно орогенный и посторогенный этапы. Осадочные образования этого комплекса развиты преимущественно в средней приднепровской части кристаллического массива Украины. Это Криворожская, Кременчугская, Ореховская, Павлоградская и другие зоны отложения железистых кварцитов. В отношении этих зон существуют разные мнения. Есть исследователи, которые считают, что они не принадлежат к одной и той же толще и должны рассматриваться, как принадлежащие к разным толщам.

Специальных работ по этому вопросу я не проводила, но мне кажется, что у нас нет основания считать, что именно в этой части Украинского кристаллического массива неоднократно создавались какие-то условия, в которых могли накапливаться кремнисто-железистые осадки и тогда как нигде в других местах Украины таких условий не было. Вероятно породы всех аномалий принадлежат одному этапу седиментации.

Для складчатости этой толщи характерно строго выраженное субмеридиональное простирание за исключением Чертомлыкской зоны, где наблюдается почти широтное простирание.

Одновременно с накоплением осадков происходят и излияния магматических пород. Я отношу к магматическим образованиям, сопровождающим накопления криворожской толщи, не только основные породы, как например, зеленокаменные породы Криворожья, но также и тальковые сланцы. В распоряжении исследователей уже имеется много бесспорных факторов, которые свидетельствуют о том, что эти породы образовались путем метаморфизма ультраосновных эффузий. Вслед за накоплением этой толщи, и частично одновременно с ней, происходило внедрение массивов ультраосновных пород, давшее серпентиниты. Такие интрузии известны сейчас в ряде мест, в том числе и в районе Веселых Тернов, возможно, что с этими интрузиями связаны и проявления натрового метасоматизма в Криворожье.

Одновременно со складчатостью и несколько позже ее происходило образование красных гранитов. Для различения гранитов этого возраста руководствоваться одним их красным цветом нельзя, да никто на Украине так и не поступает; поэтому когда я говорю о красных гранитах, то имею в виду всю совокупность признаков этих гранитов, в том числе и преобладающий красный цвет, резкое преобладание в составе их K_2O над Na_2O и другие признаки.

К числу красных гранитов относятся те, которые я отношу к днепровско-токовскому комплексу. Это токовский гранит, уманский, розовый гранит р. Днепра и Побужья, а также осницкий гранит северной части Украинского кристаллического массива. К числу более молодых магматических пород относятся дайки основных пород, секущие криворожскую толщу вкрест ее простирания (район рудника им. Фрунзе).

После завершения складчатости, повидимому, отдаленный некоторым перерывом, наступает платформенный этап развития Украинского кристаллического массива. Этот платформенный этап в настоящее время еще слабо изучен. Сюда относятся отложения овручской толщи и интрузии коростенского комплекса. Известно, что накопление осадков в овручской толще относится многими исследователями к разным периодам и иногда приходится слышать возврат к тем высказываниям, которые были сделаны в свое время Тутковским, а именно, что овручская толща относится к девону.

Я считаю, что по тем данным, которыми мы располагаем, у нас есть пока все основания относить начало этого платформенного этапа к верхнему протерозою.

После седиментации овручской толщи наступает этап образования интрузий коростенского комплекса, которые по схеме Билибина отвечают этапу перехода складчатой зоны к платформенному развитию.

Овручская толща слабо дислоцирована. Сейчас известно, что она образует пологую складку с небольшими углами падения крыльев.

Интрузии этого платформенного этапа насчитываются с образования тел габбро-анортозитов.

Основные породы в массивах окружены со всех сторон кислыми породами. Последние представлены здесь рапакиви, рапакивиобразными гранитами, трахитоидными гранитами с флюидалной текстурой и гранитами с большим развитием гранофилов.

Самыми поздними в составе этих массивов являются пегматиты и щелочные сиениты.

Различие гранитов, особенно не рапакиви, а только похожих на них, от гранитов днепровско-токовского комплекса представляет большие трудности и у нас нет никак объективных критериев для того чтобы безоговорочно относить эти граниты к тому или иному комплексу.

Нами начата сейчас работа по поискам таких критериев, которые бы позволили различать интрузии подвижных зон от интрузий платформенных. Известно, что В. С. Соболев в качестве такого критерия выдвигает степень железистости цветных минералов гранита, в частности, степень железистости биотитов.

Специальных исследований мы в этом отношении сделать не могли, потому что были заняты другой работой, однако мы сделали около 50 определений показателей преломления биотитов для разных интрузий. Получен целый ряд интересных данных.

Оказалось, что все граниты, несомненно, связанные с подвижными зонами, показывают колебания показателя преломления биотита от 1,635 до 1,665.

Чем моложе граниты в пределах одного комплекса, тем показатель преломления биотита его выше.

В кировоградском комплексе наибольший показатель преломления биотита — 1,655 дает кировоградский гранит.

Затем мы взяли граниты заведомо принадлежащие двум массивам коростенского комплекса. Показатель преломления их биотитов значительно выше, доходит до 1,695 и никогда не опускается ниже, чем 1,661.

Как будто у нас получился критерий, который позволяет подойти к какой-то мерке к граниту.

С этой меркой мы подошли к гранитам, развитым вблизи Кривого Рога. Оказалось, что у некоторых из них показатель преломления биотита также близок к показателям преломления биотитов платформенных коростенских гранитов. Таков, например, черно кварцевый гранит с. Братолюбовки, в котором нередко наблюдается и структура рапакиви. Стратиграфическое положение этих гранитов совершенно не ясно и за время моей работы здесь я неоднократно то поднимала, то опускала, потому что не было никакого критерия для суждения о их возрасте. Нам кажется сейчас, что показатель преломления биотита является критерием, дающим более или менее надежные данные. Тогда оказывается, что в Украинском кристаллическом массиве имеются не две молодые области коростенских интрузий, а надо выделить и третью область (в сред-

ней части Ингуло-Ингулецкого водораздела). Эти граниты следующие: трахитоидный красный и чернокварцевые граниты чарнокито-гранитовых массивов рек Боковой, Боковеньки и Верблюжки.

Эти граниты по своему характеру приближаются к платформенным гранитам.

Таким образом, мы имеем в Украинском кристаллическом массиве развитие первой подвижной зоны, которое обрывается после среднего этапа орогена; на него накладывается развитие второй подвижной зоны, которая переходит почти непосредственно в платформенный этап.

Этот платформенный этап длился очень долго. Н. П. Семененко приводил в своем докладе данные, указывающие на развитие платформенных отложений, в том числе эффузивных и осадочных пород, к западу от этого массива.

Мы знаем осадочный силур по Днестру в западной части кристаллического массива. Накопление этих толщ отвечает платформенному этапу образования кристаллического массива.

Украинский кристаллический массив начинает переживать новый этап диастрофизма значительно позднее, в связи с образованием герцинской подвижной зоны Донбасса и Днепровско-Донецкой впадины.

Герцинские образования обходят восточную часть кристаллического массива с северо-востока, обходят массив с юга, юго-запада и уходят на северо-запад под Львовскую мульду.

Это зона герцинид, опоясывающая Украинский кристаллический массив с восточной части целиком, а в большей его части с юго-запада, несомненно сопровождалась и развитием магматизма.

Никаких отложений девона в пределах самого массива нигде не обнаружено. Интрузии же молодого возраста имеются. Например, интрузии щелочных пород восточной части Приазовья, которые по своему характеру, повидимому, могут быть отнесены к интрузиям раннего этапа. Для них характерны резкие колебания состава от основных до кислых пород и до щелочных, а также нефелиновых сиенитов.

Таким образом, здесь мы имеем начало развития новой подвижной зоны, которая частично захватила и Украинский кристаллический массив.

Таковы в самых общих чертах наши представления об истории формирования кристаллического массива Украины.

Здесь еще очень многое неясно и очень многие данные оказываются неточными или недостаточными. Если сопоставить схему стратиграфии Н. П. Семененко и наши, то можно видеть, что здесь имеются еще большие разногласия. Многие из этих разногласий могут быть устранены чисто геологическими методами, но в целом ряде случаев геологический метод, повидимому, будет бессилён. С этой точки зрения, конечно, представляет чрезвычайно большой интерес предпринимаемое исследование по определению абсолют-

ного возраста. Во ВСЕГЕИ была запланирована такая работа, но пока не проводилась.

Чрезвычайно важно определить абсолютный возраст на более или менее одинаковом материале, например на гранитах или на полевом шпате, выделенном из гранита, но не на так называемых порфировых выделениях, которые могут быть наложенными образованиями.

Определение абсолютного возраста гранита разных мест и разных комплексов должны быть сделаны одним методом. Повидимому, лучше всего будет использовать как раз аргоновый метод, потому что он представляет в этом отношении наименьшие трудности для получения подходящего материала. Достаточно иметь полевой шпат или слюду и подвергнуть их эксперименту определения возраста в одинаковых условиях. Такие определения уже начаты Н. И. Полевой с сопоставлением данных полученных по граниту в целом и по его кварцево-полевошпатовой части. Например, для рапакиви получено (1300—1200 миллионов лет). Результаты получены довольно близкие. Если абсолютный возраст будет определен и неточно, то для геологии кристаллического массива Украины это, тем не менее, будет иметь большое значение. Учитывая ошибки метода, мы сможем наши гранитные интрузии расположить по возрасту, в какой-то определенный последовательный ряд.

Другие методы, повторяю, не дают надежных критериев для различения гранитных интрузий нижнеархейской подвижной зоны и верхнеархейской или нижнепротерозойских гранитов второй подвижной зоны. Показатели преломления цветных минералов — биотитов в них совпадают. Комбинации аксессуарных минералов также совпадают. Комбинации малых элементов в аксессуарных минералах (большая работа в этом направлении проделана А. В. Рабиновичем) совпадают. Легче различать интрузии платформы и подвижной зоны. Но для Украинского кристаллического массива этого мало. Надо иметь надежный критерий для различения калиевых гранитов различных подвижных зон.

О СТРАТИГРАФИИ ДАЙКОВО-ЭФФУЗИВНЫХ ПОРОД УКРАИНСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА

И. С. Усенко

В предыдущих докладах Н. П. Семененко, Ю. И. Половинкиной, а также Л. Б. Комлева были рассмотрены положения, касающиеся вопросов общей стратиграфии Украинского кристаллического массива.

Передо мной стоит более узкая задача — изложить данные изучения дайково-эффузивных пород кристаллического массива и попытаться наметить последовательность образования этих пород.

Дайково-эффузивные породы в составе Украинского кристаллического массива количественно играют незначительную роль. Тем не менее, в решении вопросов стратиграфии массива значение их чрезвычайно большое. Стратиграфия Украинского кристаллического массива в связи с отсутствием на его территории многих комплексов осадочных пород, а также в связи с плохой обнаженностью поддается изучению с очень большими трудностями. Эти трудности в значительной степени могут быть преодолены путем детального изучения дайково-эффузивных пород. Свойственные им несогласные формы залегания и особенности состава в ряде случаев дают возможность установить последовательность образования кристаллических комплексов, а этим самым и их возраст.

В Украинском кристаллическом массиве можно выделить ряд районов развития этих пород, а именно: Приазовский, Приднепровский, Волинский и Побужский.

Наибольшей концентрации дайково-эффузивные породы достигают в Приазовье. Особенно большое развитие они имеют по рекам Мокрой и Сухой Волновахе, Кальмиус, Кальчик, Берда, Кильтичия, Обиточная, Мокрая и Сухая Конка и другие. Они наблюдаются, главным образом, в виде даек, мощность которых колеблется от нескольких десятков сантиметров до 60 м. Протяженность даек измеряется нередко десятками километров, простирание, главным образом, северо-западное, реже северо-восточное.

Более юные породы образуют также покровы общей мощностью до 200 м, занимающие площади, измеряющиеся десятками квадратных километров. Такая картина наблюдается в районе реки Мокрая Волноваха.

Состав дайково-эффузивных пород Приазовья чрезвычайно разнообразен. Здесь имеются как породы щелочно-земельного ряда, представленные полной серией от пикрит-базальтов до кварцевых порфиров, так и различные щелочные разновидности — мончикиты, камптониты, сельвсбергиты, грорудиты и породы промежуточного состава — различные трахиты, ортофиры, трахибазальты, трахиандезиты, трахидациты и др.

Кроме дайково-эффузивных пород, образующихся из недифференцированных магм (базальты бассейна р. Мокрой Волновахи), и пород, представляющих собою обычную серию дифференциатов, в Приазовье имеется ряд образований, которые следует отнести к продуктам кристаллизации расщепленных магм. Эта группа пород представлена различными лампрофирами, главным образом, лампрофирами основных и щелочных магм (мончикиты, камптониты, спесариты и др.).

Наибольшим развитием среди дайково-эффузивных пород в Приазовской части кристаллической полосы пользуются породы основной магмы, представленные пикрит-базальтами, базальтами, трахибазальтами, диабазами, порфиритами, андезитами, трахиандезитами и палеотипными эквивалентами андезито-базальтов Левинсон-Лессинга — диабазо-порфиритами.

В средней части Украинского кристаллического массива дайково-эффузивные разновидности пользуются не меньшим распространением, чем в Приазовье. Причем особенно большого развития здесь достигает покровная фация их, залегающая в основании Саксаганской серии. Породы этой фации занимают площадь, измеряющуюся десятками квадратных километров; развиты они, главным образом, по рекам Саксагани и Ингульцу. Мощность покровов свыше 1 км.

В средней части массива частыми являются также дайковые породы. Эта группа пород в виде свиты даек обнаружена в бассейне р. Базавлука (нижняя часть). Наблюдаются они довольно часто также по рекам Ингульцу и Саксагани.

Простираение даек, главные образом, северо-западное с отклонениями в ряде случаев к широтному и меридиональному, дайки северо-восточного простираения наблюдаются реже. Мощность даек достигает 50 м, по простираению они прослеживаются в ряде случаев на несколько километров.

В бассейне р. Базавлук большим распространением пользуются также амфиболиты, представляющие собой большей частью продукт метаморфизации древних вулканогенных пород. Располагаются они полосами среди мигматитов; ширина полосы нередко достигает 1—2 км. Амфиболиты принимают участие в образовании складки северо-западного простираения.

Химический состав дайково-эффузивных пород средней части Украинской кристаллической плиты в сравнении с Приазовской характеризуется значительно меньшим разнообразием. Состав их колеблется от пикрит-диабазы до диабаз-порфирита.

Минералогическое разнообразие значительно большее, особенно в метаморфизованных разновидностях, представленных различными по составу амфиболитами и сланцами (амфиболовыми, хлоритовыми, тальковыми, эпидотовыми и др.). Среди пород дайковой фации, представленных преимущественно диабазами, более или менее четко выделяются амфиболитизированные, пироксеновые и оливковые разновидности.

Породы щелочного состава встречены в единственном случае по р. Гнилому Ташлыку ниже с. Терновки в виде дайки, принадлежащей мелкозернистому эгириновому сиениту. Породы, занимающие промежуточное положение между щелочными и щелочно-земельными, также пользуются весьма ограниченным распространением; обнаружены они только в одном месте на р. Смелянке (волынит).

Дайково-эффузивные породы в северо-западной части массива сосредоточены в двух участках — в Житомирской и Ровенской областях. В Житомирской области значительное количество их выходов обнаружено в Коростенском, Емельчинском, Городницком, Олевском, Володарском районах. Выходы дайково-эффузивных пород этих районов территориально связаны с коростенским магматическим комплексом.

В Ровенской области дайковые породы распространены, в в районе Рокитно, на северо-западной окраине Украинского кристаллического массива. Эта группа даек территориально связана с породами осницкого комплекса.

Жильные породы Житомирской области залегают, преимущественно, в виде даек большей частью северо-западного, реже субмеридионального простирания. Мощность их колеблется от 0,5 до 15 м. Допускаемая некоторыми исследователями лакколитообразная форма залегания исключается. Эти лакколитообразные формы должны быть отнесены, по видимому, к поверхностным формам залегания — куполам, с которыми генетически связаны дайковые породы, либо к гипабиссальным штокам.

Среди дайково-эффузивных пород Житомирской области наибольшим развитием пользуются представители основной магмы — диабазы, волыниты; значительно развиты также кварцевые порфиры. Породы среднего состава — ортофиры и порфириты встречаются реже.

Породы района Рокитно существенно отличаются от пород Житомирской области, залегают они, главным образом, среди осницких гранитов, в которых образуют дайки северо-северо-западного простирания, изредка восточно-северо-восточного (дайки в Брониславском массиве осницкого гранита). Мощность даек колеблется в весьма широких пределах — 1—100 м.

Дайковые породы района Рокитно представлены габбро-диабаз-

зами, частью амфиболовыми диабазами, менее распространенными являются кварцевые порфириды и кварцевые порфиры.

Эффузивного характера породы (частью гипабиссального) большим развитием пользуются в бассейне Южного Буга. Представлены они сильно метаморфизованными ультрабазитами и метабазами, наблюдающимися в виде ксенолитов в гранодиоритах Звенигородки и в породах чарнокитовой серии Побужья. Эта серия ультрабазитов и метабазитов переслаивается с суперкрупной гнейсовой толщей пород, сложенной графитовыми, кордиеритовыми, силлиманитовыми и другими гнейсами, кристаллическими известняками и кварцитами.

Ультрабазиты и метабазиты Побужья с гнейсовой серией пород участвуют в образовании наиболее древних складчатых структур северо-западного простирания. Развита она, главным образом, в отрезке Гайворон-Первомайск, где образуют полосы мощностью до 500 м, простирающиеся, согласно с гнейсами, среди которых они залегают (простирание северо-западное).

Ультрабазиты и метабазиты Побужья представлены в различной степени серпентинизированными и амфиболитизированными перидотитами и пироксенитами, амфиболитами и габбро-амфиболитами. Среди ультрабазитов значительным развитием пользуются хромиты, наблюдающиеся в виде крупных линз в серпентинитах и серпентинизированных перидотитах. В целом эта формация пород может быть названа офиолитовой.

Аналогичные метабазиты в такой же обстановке обнаружены в бассейне р. Днестра.

Таким образом, сообразуясь с фактическим материалом, дайково-эффузивные породы Украинского кристаллического массива можно разделить на несколько возрастных групп. На данном этапе изучения можно считать установленным наличие среди них архейских, протерозойских и палеозойских образований.

Почти все без исключения архейские дайково-эффузивные породы представлены сильно метаморфизованными ультрабазитами и метабазами.

Метабазиты и ультрабазиты представляют собой, повидимому, две самостоятельные формации, занимающие в Украинском кристаллическом массиве совершенно определенное структурное и стратиграфическое положение.

Метабазиты и ультрабазиты совместно с мигматитами и осадочно-метаморфическими толщами пород образуют складчатые системы либо северо-западного, либо субмеридионального простирания. Первые особенно развиты в западном Приазовье, на правом берегу Днепра, в бассейнах рр. Горного Тикича, Гнилого Тикича, Южного Буга и Днестра, вторые — по рр. Саксагани и Ингульцу.

Приведенный фактический материал показывает, что изученные ультрабазиты и метабазиты по возрасту могут быть разделены на две группы. Образование пород первой группы относится к наиболее древнему этапу формирования Украинского кристалличе-

ского массива, а именно — к нижнеархейскому. В нижнеархейское время на территории Украинского кристаллического массива, по-видимому, существовала геосинклиналь, с которой связано отложение наиболее древних осадочных пород, позже превратившихся в комплекс различных гнейсов и мигматитов. Эти породы в составе массива чрезвычайно широко распространены.

Магматическая деятельность в этой древней геосинклинали протекала в две фазы. Первая из них проявилась в доскладчатый период развития геосинклинали, с ней и связано образование ультрабазитов и метабазитов первой группы, залегающих в виде покровов, интрузивных залежей и силлей среди пород гнейсового комплекса. В эту группу относятся ультрабазиты и метабазиты западного Приазовья (рр. Берда и Обиточная) и рр. Базавлука, Горного Тикича, Южного Буга и Днестра. Эта группа ультрабазитов и метабазитов участвует в образовании наиболее древних северо-западных складчатых систем Украинского кристаллического массива, формирование которых протекало в послеинверсионный период развития нижнеархейской геосинклинали. С этим складчатым процессом связано появление наиболее древних магматических пород гранитного ряда — гранодиоритов р. Берды, г. Звенигородки и Кременчуга, гранитов кировоградского и житомирского типов, плагиоклазовых гранитов р. Саксагани, а также мигматитов и пород чарнокитовой серии.

Вторая возрастная группа метабазитов своим образованием связана с формированием саксаганского осадочного комплекса, в основании которого залегает мощная толща метабазитов и выше по разрезу породы так называемого талькового горизонта, являющиеся, по данным Ю. И. Половинкиной, В. Н. Котляра, А. П. Никольского, продуктами метаморфизации вулканогенных ультрабазитов.

Формирование саксаганской осадочной толщи, по-видимому, протекало в субгеосинклинальных условиях; внедрение или излияние ультрабазитовых и метабазитовых пород также происходило в доскладчатый период развития геосинклинали, так как последние принимают участие в формировании складок под влиянием более позднего складчатого процесса. В эту возрастную группу пород входят метабазиты и ультрабазиты Саксаганско-Ингулецкого синклиория.

Что же касается ультра- и метабазитов Верховцевской, Запорожско-Конкской и Орехово-Павлоградской магнитных аномалий, то их следует отнести к метабазитам более древней группы, с породами которой они петрографически и петрохимически тождественны и сходны по условиям залегания.

Образование саксаганского осадочно-метаморфического комплекса может быть отнесено к верхнему архею или к протерозою; в последней стратиграфической схеме Украинского кристаллического массива Н. П. Семененко они включены в верхний архей.

Такова в общих чертах характеристика метабазитов и связанных с ними ультрабазитов Украинского кристаллического массива, относимых мною к архею.

В составе Украинского кристаллического массива в средней его части имеются дайковые породы, которые в ряде случаев пересекаются тончайшими жилками аплитового состава. Эти дайки всегда представлены амфиболитизированными диабазами, пользующимися большим развитием в нижней части р. Базавлук. Стратиграфическое положение этих дайковых пород не совсем ясно. Если считать, что эти тончайшие аплитовые прожилки, генетически связанные с породами токовско-осницкого магматического комплекса, то есть некоторое основание образование этой группы дайковых пород связывать с метабазами Саксаганско-Ингулецкого синклиория. Может быть эти дайки являются теми каналами по которым шло излияние основных лав, образовавших покровы, залегающие в основании Саксаганской формации. Стратиграфическое положение этой группы дайковых пород наименее ясно. Они должны изучаться.

Более четко выделяется следующая рифейская группа дайковых пород. В эту группу входят габбро-диабазы Ровенской области (район Рокитно) и оливиновые диабазы, секущие криворожскую формацию пород. Они почти тождественны с рифейскими базальтами бассейна р. Горыни.

Четвертая возрастная группа дайково-эффузивных пород также выделяется довольно четко. В эту группу объединяются дайковые породы, связанные с коростенским магматическим комплексом. Они, как и все члены этого комплекса, характеризуются повышенным содержанием окислов железа, калия, титана. Сюда входят дайковые породы Коростеня, Емельчино, Городицы, Олевска, Володарска, породы р. Смелянки, некоторые породы Ингуло-Ингулецкого водораздела. К этой же возрастной группе следует отнести щелочные дайковые породы р. Гнилого Ташлыка — мелкозернистые эгириновые сиениты, а также щелочные дайковые породы Приазовья, генетически связанные со щелочным Приазовским массивом, повидимому, одновозрастным с Коростенским магматическим комплексом.

Исключение из щелочной группы дайковых пород представляют только мончикиты и камптониты р. Крынки, которые являются более юными образованиями, чем мончикиты и камптониты р. Кальчик и аналогичные породы р. Кальмиуса. Принадлежность к различным магмам мончикитов и камптонитов р. Крынки и Кальчик подтверждается, в известной мере, различием их химических составов. Камптониты и мончикиты р. Крынки в сравнении с таковыми р. Кальчик являются более основными породами. Отличаются они также более низким содержанием глинозема и, наоборот, более высоким содержанием магния и кальция. Резкое различие наблюдается и в относительных молекулярных количествах окислов железа, магния и кальция. В мончикитах и камптонитах р. Кальчик относительное содержание железа намного больше, что вообще характерно для пород щелочного комплекса Приазовья. Породы р. Крынки характеризуются, кроме того, заметным содержанием фтора, фиксирующегося в минерале флюорите. Все это вместе взя-

тое дает основание мончикиты и камптониты р. Кальчик генетически связывать со щелочным приазовским массивом, мончикиты же и камптониты р. Крынки — с породами более юной щелочно-земельной магмы, которая для нас еще не известна.

Время образования коростенского магматического комплекса неясно. Одни исследователи появление его относят к концу протерозоя, другие — к верхнему палеозою. Решение этого вопроса требует дополнительного изучения.

Близкими по возрасту к породам четвертой группы будут породы Приазовья, связанные с палеозойскими эффузиями рр. Мокрой и Сухой Волновах. Образование их шло не меньше, чем в две фазы.

Покровные базальтовые породы р. Мокрой Волновахи в районе с. Николаевки прорывают отложения верхнего девона (D_3^a); в этом же районе (ниже с. Николаевки) покров базальтовых пород перекрыт более юными девонскими туфогенными кластолитами (D_3^b), содержащими большое количество пирогенного материала. Образование этих эффузивных пород относится к первой верхнедевонской фазе.

Минералогической особенностью этих пород является наличие в них титаносодержащего авгита. Поэтому к этой же фазе, повидимому, следует отнести и образование дайковых пород, содержащих титан-авгит, в частности, образование пикрит-базальтов, лимбургитов, анамезитов района с. Николаевки и ряда диабазовых даек р. Кальмиус.

Ко второй фазе относится появление дайково-эффузивных пород, секущих нижний и средний карбон, а именно — андезитов и порфиритов рр. Мокрой и Сухой Волновах, Большого и Малого Невсетаев и Аюты, а также камптонитов и мончикитов р. Крынки. Можно считать, что эта группа пород образовалась не раньше верхнего карбона и, вероятно, также в герцинское время.

Не совсем ясно положение с ортофирами, пользующимися значительным развитием в среднем Приазовье (р. Мокрая и Сухая Конка, водораздел между рр. Бердой и Конкой). Не исключена возможность, что некоторые из них являются членами Приазовского щелочного магматического комплекса.

Не совсем ясно также положение кварцевых порфиров. Эти породы большей частью выступают как наиболее юные образования. В балке Драгунской (р. Мокрая Конка) диабазы пересекаются дайкой ортофира, которая в свою очередь сечется дайкой кварцевого порфира. По балке Грузской (бассейн р. Берды) кварцевые порфиры секут порфириты. В с. Ново-Троицком (р. Сухая Волноваха) дайки кварцевых порфиров секут породы нижнего карбона.

Все это дает некоторое основание принимать кварцевые порфиры за более юные образования, чем палеозойские дайково-эффузивные породы второй фазы. Может быть, их следует считать дайковыми аналогами екатериновских гранитов и гранитов Каменных могил (р. Каратыш). Эти граниты в Украинском кристаллическом

массиве являются наиболее юными. Некоторые исследователи, в частности, В. И. Кузьменко, образование их предположительно относят даже к мезозою. Следует, однако, отметить, что они с таким же правом могут считаться и палеозойскими.

Такова краткая характеристика возрастных соотношений дайково-эффузивных пород Украинского кристаллического массива.

Я, конечно, не претендую на то, что высказанные мною положения являются окончательно установленными. Данных, касающихся возрастных отношений дайково-эффузивных пород Украинского кристаллического массива, пока мало. Дайково-эффузивные породы в этом отношении только начинают изучаться. Мне кажется, что на данном этапе изучения можно считать более или менее твердо установленным только возраст архейских дайково-эффузивных пород, с подразделением их на верхне- и нижнеархейские. Твердо установленным является также палеозойский возраст дайково-эффузивных пород южной окраины Донбасса.

Что же касается возрастных соотношений дайково-эффузивных образований, относимых к протерозою и к рифею, то они требуют дополнительного изучения.

Я отмечал в начале доклада, что изучение стратиграфии Украинского докембрия, является чрезвычайно трудным делом и именно потому, что обнаженность Украинского кристаллического массива чрезвычайно слабая, и те комплексы пород, которые могли бы дать материал для установления стратиграфии пород, слагающих кристаллический массив, в большинстве случаев залегают в понижениях и прикрыты мощной толщей третичных и четвертичных отложений. Возрастные соотношения между этими породами украинские геологи устанавливают под руководством Н. П. Семеновко, главным образом, путем изучения геологических структур кристаллического массива.

Мне кажется, что идея, положенная Н. П. Семеновко в основу стратиграфического расчленения пород украинского докембрия по существу ничем не отличается от той идеи, которой пользуется Ю. И. Подовинкина и группа геологов ВСЕГЕИ, работавшая под руководством Билибина. Мы стоим на такой же точно позиции, с философской точки зрения она совершенно ничем не отличается от позиции геологов ВСЕГЕИ. Мы также пытаемся установить стратиграфию кристаллического массива путем изучения формирования пород в подвижных зонах, отображением динамики которых являются геологические структуры, служащие некоторым основанием для стратиграфического расчленения докембрия.

Мне кажется, что для более плодотворного изучения стратиграфии докембрия УССР пора заняться детальным изучением породообразующих минералов. Группа геологов, возглавляемая Н. П. Семеновко, это очень хорошо ощущает; каждый из нас уже накапливает материал, причем не только по аксессуарным минералам, но преимущественно по главным породообразующим минералам. Изу-

чение этого материала, наряду с изучением геологии кристаллического массива, несомненно даст нам ключ для установления возрастных соотношений между породами, слагающими Украинский кристаллический массив.

Если нам еще помогут радиофизики разработкой методов определения абсолютного возраста пород, методов, которыми пока можно пользоваться с большой осторожностью, то, мне кажется, трудности, стоящие перед нами в области изучения стратиграфии докембрия, мы преодолеем быстро.

ВОЗРАСТНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ СИЕНИТОВОГО КОМПЛЕКСА ПРИАЗОВЬЯ

И. Д. Царовский

В задачу настоящего совещания по определению возраста горных пород несомненно входят также и выделение опорных объектов, для которых возрастное геологическое положение в общей стратиграфической схеме является достаточно определенным. К числу таких объектов следует отнести и сиенитовый комплекс пород Приазовья, который может служить примером возможности проверки годности применения той или иной методики по определению абсолютного возраста. В связи с этим Вашему вниманию и представляется настоящее сообщение о возрастном положении сиенитового комплекса юго-восточной части УССР.

Кратко о составе и распространении пород этого комплекса в Приазовье

Сиенитовый комплекс на юго-востоке УССР представлен рядом массивов, среди которых видное место занимают Октябрьский щелочной массив, расположенный южнее станции Волновахи, в системе верховьев левых ответвлений р. Кальчик (б. Вали-Тарама и б. Шиверова).

В геологической литературе этот массив известен, как Приазовский (Л. Ф. Айнберг) или как Мариупольский (В. И. Лучицкий). Несомненно, правильное будет сохранить за этим массивом название «Октябрьского», имея ввиду, что в Приазовье известны еще другие массивы, представленные генетически родственными породами. Остальные массивы: Кальмиусский, Южно-Кальчикский и массив р. Грузский Еланчик, хотя и не являются щелочными, но петрографические типы пород, в них представленные (габбро-сиениты, андезиниты, граносиениты и роговообманковые и биотито-роговообманковые гранитоиды) образуют совместно с нефелиновыми сиенитами Октябрьского массива единую группу пород, представляющую собой сложный дифференцированный ряд, который следует отнести к одному сиенитовому комплексу.

Область распространения пород этого комплекса ограничена восточным Приазовьем и приурочена, таким образом, к самой краевой, юго-восточной части кристаллической полосы УССР. Общая территория, занимаемая породами сиенитового комплекса, составляет 3000 км², а среди них собственно щелочные породы (нефелиновые сиениты) расположены на площади менее 10 км², только в пределах Октябрьского щелочного массива. Однако область влияния нефелиновых сиенитов является более значительной и щелочные трещинные метасоматические проявления устанавливаются на расстоянии 30—40 км от известных коренных выходов интрузивных щелочных пород Октябрьского массива.

Щелочно-земельные по составу массивы (Кальмиусский, Южно-Кальчинский и Еланчинский) простого строения, представляют собой массивы разломного типа, ориентированные в субмеридиональном направлении. Среди них выделяется Кальмиусский массив, который прослеживается на расстоянии 50 км от участка, размещенного севернее поселка Сартаны (райцентр Приморское) вплоть до девонского контакта (р. Мокрая Волноваха). При максимальной ширине массива 15 км общая вытянутость его в направлении, близком к меридиональному, очень выражена.

В отличие от указанных массивов разломного типа, образованных на раннем этапе кристаллизации, более сложным строением отличается щелочный Октябрьский массив, который представляет собой тип структуры центрального (субвулканического) типа. В сравнении со щелочными массивами Кольского полуострова (например, Хибинским, имеющими концентрическое строение в виде «чаши»), Октябрьский массив является полицентрическим, и развитие его происходило в несколько фаз. Габбро-пироксенитовая и граносиенитовая фазы сменялись собственно щелочной фазой. С последней связана интрузия фойзитов с конической системой разломов и более позднее выделение мариуполитов — с овалом оседания в основных породах.

Вне связи с указанной тектоникой массива находятся лампрофиры, которые связаны с региональной линейной трещиноватостью северо-западного простирания, отличающейся широким распространением. Секущий характер лампрофировых жил по отношению к интрузивным щелочным формированиям является вполне определенным, и более позднее их образование сомнений не вызывает.

Такова краткая характеристика состава сиенитового комплекса, возрастное положение которого служит темой настоящего сообщения.

Существующие представления о возрасте сиенитового комплекса пород

Нефелиновые сиениты и связанные с ними другие интрузивные породы впервые были выделены В. И. Лучицким из состава докембрия кристаллического массива УССР в 1934 г. Затем в связи с этим

же, В. И. Лучицкий выступил со статьей «Послекембрийские магматические породы Приазовья», опубликованной в юбилейном сборнике, посвященном В. И. Вернадскому, т. II, 1936 г. В этой статье В. И. Лучицкий подчеркивает, что излившиеся дайковые породы южной краевой части Донбасса находятся в тесной связи с глубинными щелочными породами Приазовья. Основанием для установления их одновозрастности послужил широко известный к тому времени факт, что мончикиты и камптониты секут отложения карбона. Поскольку всюду эти дайковые породы, по мнению В. И. Лучицкого, встречаются в ассоциации с нефелиновыми сиенитами, поэтому и для Украины допускалась такая связь.

Юный возраст мончикитов и камптонитов установлен был Н. Морозевичем еще в 1903 г. Им было выявлено, что по р. Крынка эти дайковые породы прорезают нижнекаменноугольные отложения, но не выходят за их пределы. Это дало основание И. Морозевичу полагать, что мончикиты и камптониты не древнее среднего карбона. Позже Б. А. Мефферт (1920 г.) определил более точно их возраст на том основании, что они связаны со значительными трещинами сбросового характера, которые по времени относятся к позднейшей фазе дислокации Донецкого бассейна мезозойской эры. Но при этом Б. А. Мефферт считал, что эти дайковые породы — продукт регенерированной магмы — образовались за счет повторного переплавления на глубине нефелиновых сиенитов, которые затем переместились по сбросовым трещинам в верхние горизонты. Такое противоестественное усложнение природного процесса обусловлено было, повидимому, тем, что над Б. Ф. Меффертом тяготела старая традиция, что все магматические породы Приазовья обязательно должны быть докембрийского возраста.

Заслуга В. И. Лучицкого в том, что он выступил решительно против такого укоренившегося взгляда, возражая одновременно против малообоснованной теории происхождения дайковых пород, выдвинутой Б. А. Меффертом. На основании работ И. Морозевича, А. С. Гинзбурга, П. И. Лебедева и своих личных исследований, В. И. Лучицкий пришел к выводу, что излившиеся породы Донбасса, дайковые породы (в том числе мончикиты и камптониты), а также глубинные щелочные породы — продукты дифференциации единой магмы. «Исходя из всего этого, можно сказать, что интрузия всего глубинного комплекса щелочных пород — щелочных гранитов, щелочных сиенитов (нордмаркитов) и нефелиновых сиенитов восточного Приазовья также должны быть отнесены к мезозою, вероятно, к началу его и от предположения о докембрийском возрасте этих пород необходимо отказаться» (Сб., посвященный В. И. Вернадскому, т. II). Точки зрения о верхнепалеозойском возрасте (или низы мезозоя) придерживался В. И. Лучицкий на протяжении ряда лет, распространив указанное положение и на другие районы кристаллической полосы УССР, отнеся к послекембрийскому возрасту и рапакиви северо-западной части УССР. Проблеме их одновозрастности была посвящена статья В. И. Лучицкого в Докладах Ака-

демии наук УССР за 1948 г. («Рапакиви и щелочные породы Украины»).

Следует отметить, что рядом исследователей было положительно воспринято выделение В. И. Лучицким щелочных пород из состава докембрия. В стратиграфических схемах УССР Н. П. Семененко, Д. Н. Соболева и других эти породы отмечаются как постпротерозойские.

С большой осторожностью отнесся к определению возраста сиенитового комплекса В. И. Кузьменко. По В. И. Кузьменко возраст этих пород остается проблематичным и относится к альгонк-постальгонку. Коллективом авторов (Е. М. Матвиенко, Е. О. Новик, И. Т. Вадимов и П. К. Заморий, комплексная съемка 1949 г.) в объяснительной записке к Сталинскому листу масштаба 1 : 500 000 нефелиновые сиениты рассматриваются, как породы, обособленные от сиенитового комплекса. По мнению этих авторов, образование собственно щелочных пород должно быть отнесено к альгонк-постальгонку, а более ранние типы этой серии (габбро-сиениты, диалогороговообманковые граниты, кварцевые сиениты, сиениты и биотитороговообманковые гранитоиды) отнесены определенно к альгонку. Какие-либо доказательства в пользу возможности подобного разрыва во времени не приводятся. Авторы записки непосредственно в районе восточного Приазовья работ не производили, и их вывод основан на литературной проработке материала.

В докладе Ю. И. Половинкиной, который мы заслушали на предыдущем заседании настоящего совещания, время образования щелочных пород связывается с герценидами. Из этого видно, что докладчик находится на точке зрения В. И. Лучицкого о верхнепалеозойском возрасте пород сиенитового комплекса юго-востока УССР.

Как было отмечено ранее, по В. И. Лучицкому, решение проблемы возраста рассматриваемых пород основано было на предположении генетического родства щелочных интрузивных пород с мончикитами и камптонитами, секущими карбон. Однако следует отметить, что И. Морозевич, которому принадлежит честь открытия нефелиновых сиенитов в Приазовье, различает две генетические группы мончикитов и камптонитов:

- 1) группа, связанная с нефелиновыми сиенитами и с другими нефелиновыми и лейцитовыми породами;
- 2) группа, залегающая в области осадочных пород и не связанная с массивом нефелиновых сиенитов.

В работе «О некоторых жильных породах Таганрогского округа» (1903 г.) И. Морозевич отмечает, что мончикиты и камптониты р. Крынки являются типичными представителями второй группы, чем подчеркивалось, что эти породы совершенно не родственны нефелиновым сиенитам. В свою очередь, А. П. Карпинский, касаясь связи этих дайковых пород со щелочными, совершенно не высказался в такой категорической форме об их одновозрастности. «Если это подтвердится,— писал он еще в 1915 г.,— то для установления

возраста нефелино-сиенитовой интрузии будут найдены еще более прочные основания» (т. II, стр. 54). При условии благоприятного решения вопроса А. П. Карпинский допускал возможность корреляции щелочных пород Приазовья с миаскитами Урала, возраст которых не является достаточно определенным. Таким образом, проблема возраста сиенитового комплекса Приазовья в постановке А. П. Карпинского, выходила за рамки местного значения и тесно связывалась с изучением других щелочных провинций Европейской части тогдашней России. В развитии этого взгляда в послевоенные годы со статьей о щелочных породах, окаймляющих Русскую платформу, выступил А. Н. Чураков (Известия АН СССР № 1, 1947 г.). По А. Н. Чуракову, щелочные породы образуют вокруг Русской платформы прерывистое кольцо, которое зародилось в девоне с наиболее полным развитием его в конце палеозоя. На западе (средняя Европа) образование щелочных пород, в пределах окаймляющего кольца, продолжалось в нижней перми. Однако идея связи формирования щелочных пород с определенными крупными структурами (Русская платформа) нуждается в дальнейшей разработке хотя бы потому, что в ряде случаев возрастное положение щелочных пород оставалось мало достоверным. Это также относится к щелочным породам Приазовья, которые А. Н. Чураков отнес, на основании старых литературных данных, к концу палеозоя.

Следует отметить, что из щелочных провинций, окаймляющих Русскую платформу, до сих пор вполне определенным остается только возраст Ловозерского массива Кольского полуострова, где в туфогенных отложениях остатков кровли массива, заключенных в щелочных сиенитах, найдены были в 1937 г. отпечатки флоры, определенной как верхнедевонская. Но по мере пополнения наших сведений по геологии Кольского полуострова, появилось мнение, что в этом регионе щелочные породы представлены разновозрастными сериями. В связи с этим позволю себе сделать одну ссылку на А. А. Полканова, который в сборнике, посвященном 30-летию Советской власти, пишет: «Нельзя утверждать, что эти щелочные породы относятся к девону. Наоборот, огромные массы щелочных гранитов Кейв, по данным Г. Соколова, относятся к протерозою, что вполне возможно, так как в настоящее время установлено, что нефелиновые породы Чешской губы действительно досилурийского возраста».

Такое же положение с уральскими щелочными породами. На точке зрения различного возраста пород Бердяшского массива и нефелиновых сиенитов ильменского комплекса находился А. Н. Заварицкий, который считал, что можно лишь говорить о послекембрийском возрасте Бердяшского массива «и, вероятно, о более молодом, чем самые нижние слои карбона, возрасте пород ильменского комплекса». В послевоенные годы М. И. Гарань определил возраст Бердяшского массива как предкембрийский. В настоящее время на Урале вырисовывается вполне четкая самостоятельная догерцинская группа щелочных пород по линии Бердяш—Кушва, рас-

положенная к западу от Ильмено-Вишневогорского щелочного комплекса пород.

Повидимому, приведенных примеров достаточно, чтобы оттенить факт большой вероятности наличия в одном и том же регионе разновозрастных щелочных комплексов.

О новых возрастных критериях сиенитового комплекса Приазовья

До сих пор при определении относительного возраста щелочных пород юго-востока УССР исключительное значение придавалось дайковым породам, приуроченным к стыку палеозойских отложений Донбасса с магматическими породами. В представлении В. И. Лучицкого это разновозрастные породы, и различие в условиях залегания между дайковыми породами (например, мончикитами и камптонитами) и глубинными щелочными породами — нефелиновыми сиенитами и сопутствующими им другими породами обусловлено, главным образом, величиной эрозионного среза.

Спустя 30 лет после открытия в Донбассе И. Морозевичем мончикитов и камптонитов, Л. Ф. Айнберг, а затем П. И. Лебедев описали дайковые породы, залегающие в районе Октябрьского щелочного массива. Эти вновь открытые дайковые породы, определенные П. И. Лебедевым, также, как мончикиты и камптониты по своему химическому составу, однако, обнаружили большую аналогию с жильными образованиями весьма отдаленных провинций (Бразилия и Норвегия) и в то время довольно сильно отличались от расположенных в близлежащем районе мончикитов и камптонитов р. Крынки. При этом расхождения в составе рассматриваемых пород проявились преимущественно в содержании окислов двухвалентных элементов (П. И. Лебедев, 1934 г.). Но из этого открытия П. И. Лебедев, к сожалению, не сделал никаких выводов. Со своей стороны также В. И. Лучицкий не обратил внимания на факт, отмеченный П. И. Лебедевым, хотя поднятый В. И. Лучицким вопрос о верхнепалеозойском возрасте пород Приазовья относится, примерно, к тому же периоду (оба автора выпустили общую книгу по петрографии Украины в 1934 г.).

Критическое использование литературного материала позволило выявить новую особенность, еще более подчеркивающую различие между дайками Октябрьского массива и системы р. Миус. Произведенный расчет коэффициента титаноносности (по анализам, приведенным П. И. Лебедевым и И. Морозевичем), указывает на разный состав мончикитов и камптонитов р. Кальчик (Октябрьский массив) и р. Крынки (система р. Миус). Для первого района устанавливается коэффициент титаноносности 0,110—0,190, а для второго — 0,040—0,048. Этими данными подчеркивается, что расхождение в составе дайковых пород указанных районов является весьма существенным. При отмеченных обстоятельствах вряд ли мончикиты и камптониты, секущие отложения карбона, могут служить

критерием их одновозрастности с Октябрьским щелочным массивом.

Каковы новые данные о стратиграфическом положении сиенитового комплекса?

Среди магматических пород Приазовья известны были розовые лейкократовые граниты, описанные как анатолийские. Н. И. Безбородько эти граниты относил к сиенитовому комплексу на том основании, что последние размещены в центре территории, которая на его петрогенетической карте составляет район распространения сиенитовой формации. На основании установленных взаимоотношений этих гранитов (наличие ксенолитов) и по характеру акцессорной минерализации, анатолийские граниты мною выделены из состава сиенитовых пород. Эти граниты по отношению к последним являются более древними, поскольку их ксенолиты установлены в пироксенороговообманковых граносиенитах. Анатолийские граниты Приазовья можно параллелизовать с наиболее молодыми приднепровскими гранитами, для которых Н. П. Семененко установлен позднедокембрийский возраст — протерозой. При этом, условия залегания пород сиенитового комплекса отличны от анатолийского гранита и других более древних докембрийских пород. В отличие от анатолийских гранитов, первые образуют массивы разломного типа. Наличие в этих массивах ксенолитов анатолийского гранита позволило достаточно достоверно установить нижнюю возрастную границу сиенитового комплекса и выделить этот комплекс из состава протерозойских пород.

Верхняя возрастная граница определяется на основании следующих фактических данных. Результаты изучения девонских вулканических пород бассейна р. Мокрая Волноваха, полученные рядом авторов, показали, что вулканические процессы в этом районе начались на границе отложений белого и бурого девона и продолжались вплоть до карбона, затем также в карбоне, а возможно, и позже. При этом устанавливается определенная последовательность в извержениях, которая выразилась в том, что излияния магмы эволюционировали от базальтового состава в сторону образования более кислых изверженных пород. Вполне определенно установлено, что в буром девоне происходило, вслед за базальтами, излияние трахитовой магмы, преимущественно ортофиры, которые являются явно секущими по отношению к базальтам. Эти взаимоотношения базальтов с ортофирами наглядны в средней части б. Камышеваха. Ортофиры в районе с. Мокрая Волноваха прослеживаются в виде субширотного пояса параллельно линии выходов девонских отложений. Южнее после некоторого перерыва ортофиры вновь появляются среди существенно интрузивных пород. Эта вторая полоса ортофиров полностью пересекает Кальмиусский массив сиенитового комплекса между устьями б. Терноватая и б. Чернечья и к западу переходит на р. Кальчик, севернее с. Чардаклы (с. Кремнистое). Одновременно в самых верхах бурого девона обнаружена галька ортофира (р. Мокрая Волноваха). Химический состав этой гальки отвечает со-

ставу ортофигов, прорывающих базальты и близок составу ортофира, секущего граносиениты в нижней части р. Кальмиус. Таким образом, граносиениты нашего комплекса оказываются древнее верхнедевонских ортофигов.

Личные многолетние полевые наблюдения позволили установить целый ряд дополнительных взаимных пересечений, главнейшие из которых проводятся:

1. Мариуполиты (крайний продукт отщепления нефелиновых сиенитов) пересечены лампрофирами (б. Мазурова).

2. Трещинные щелочные проявления (производные нефелиновых сиенитов) пересечены лампрофирами (б. Хлеבודаровская).

3. Трещинные щелочные проявления, пересечены дайкой диабазового порфирита (р. Кальчик).

4. Лампрофиры пересечены ортофирами (р. Кальмиус).

5. Ортофиры не пересечены трещинными щелочными проявлениями (б. Вербовая, р. Кальмиус).

6. Ортофиры секут: граносиениты, лампрофиры, базальты, а галька ортофира установлена в верхах Д₃.

На основании приведенного, взаимоотношения крайних продуктов отщепления сиенитового комплекса с эффузивно-дайковой группой получает определенное обоснование. С одной стороны, в Приазовье представлены додевонские породы: мариуполиты, сопровождающие их щелочные проявления и лампрофиры. С другой стороны, мы имеем верхнедевонские породы: базальты и ортофиры, галька которых одновременно представлена в самих верхах девона. Затем имеются последевонские породы — нерасчлененная дайковая группа, в том числе мончикиты и камптониты р. Крынки.

В данном случае время выделения нефелиновых сиенитов и сопутствующих им трещинных щелочных проявлений рассматривается как додевонское (Д₃). Это предельная возможность, с помощью которой можно установить верхнюю возрастную границу сиенитового комплекса, так как отложения древнее девонских в краевой юго-восточной части кристаллической полосы УССР совершенно неизвестны.

Вторым контролирующим критерием является факт установления эгирина, участвующего в осадочном цикле девон — карбон Донецкого бассейна. Эгирин обнаружен ст. науч. сотрудником Института геологии АН УССР М. П. Кожич-Зеленко в темносерых, почти черных сланцах С₁ (Визе). Этот эгирин, выделенный из электромагнитной фракции сланцев, отличается листовидно-зеленым плеохроизмом с $N_r = 1,757$. В свою очередь, Н. В. Логвиненко (Харьков) также указывает на нахождение эгирина в отложениях среднего карбона Донбасса. Эгирин коренных выходов мариуполитов (Октябрьский щелочной массив) обладает примерно такими оптическими свойствами: $N_r = 1,750—1,757$. В свою очередь, эгирин из Кривого Рога, по данным Ю. Ир. Половинкиной, отличается несколько другими оптическими показателями: $N_r = 1,741, 1,765, 1,760$ (табл. 1).

Сравнительная характеристика эгирина

Название вмещающей породы	Плеохроизм	с N_g	N_p эгирина	
Мариуполиты Восточного Приазовья	N_p — травяно-зеленый N_g — зеленовато-желтый	До 3°	1,750—1,757	
Темносерые сланцы нижнего карбона (C_1)	Лиственно-зеленый	Близкий к прямому	1,757	
Кривой Рог (данные Ю. Ир. Половинкиной)	Разновидности	N_p — светлозеленый N_g — розовато-желтый	7°	1,741
		Бесцветный	—	1,765
		N_p — очень бледный, зеленоватый N_g — слабозеленоватый	$2-3^\circ$	1,760
		Бесцветный	$3-4^\circ$	1,760

Из данных табл. 1 следует, что эгирин из осадочных отложений Донбасса ближе отвечает эгирину коренных нефелиновых сиенитов Приазовья. Повидимому, разрушение таких пород могло послужить источником переноса и последующего отложения эгирина в карбоне. Становясь на такую точку зрения вряд ли можно говорить о верхнепалеозойском возрасте интрузивных щелочных пород Приазовья.

Приведенные новые данные о геологических соотношениях, пород можно сопоставить с результатами определения абсолютного возраста минералов, заключенных в этих породах, которые получены были в последнее время несколькими методами: гелиевым, рубидиево-стронциевым и свинцовым (табл. 2).

Результаты определения абсолютного возраста минералов, выделенных из пород сиенитового комплекса, которые приведены в таблице, совпадают с другим новым определением, произведенным в Институте геологических наук АН СССР по нашим материалам. В последнем случае возраст определяется в 400 млн. лет. Не было только принято во внимание известное в литературе единственное

старое определение возраста сиенитов Приазовья в $3.630 \cdot 10^6$ лет (В. Г. Хлопин, Труды XVII М. Г. К., т. IV, 1937 г.) как не соответствующее в какой-либо мере наблюдаемым геологическим фактам.

Таблица 2

Абсолютный возраст минералов сиенитового комплекса пород Приазовья

Название минерала	Название породы и место взятия	Метод определения	Кем определен	Возраст минерала в млн. лет	
				Минимальное	Максимальное
Циркон	Из мариуполя б. Мазуровой	Гелиевый	Газовая лаборатория Института геологии АН УССР	460	
Амазонит	Из пегматита р. Дубовки	Рубидиево-стронциевый	Лаборатория Института геологии АН УССР (В. В. Бурксер)	374	489
				421	562
				Среднее 410	Среднее 547
Торит	Из пегматита р. Дубовки	Свинцовый	Лаборатория Института геологии АН УССР	~ 400 (данные И. Б. Боровского)	

Приведенные данные восполняют имевшийся пробел, который был отмечен несколько лет тому назад А. Н. Чураковым о том, что, к сожалению, нет ни одного абсолютного определения возраста для щелочных пород УССР.

Если принять во внимание рассчитанные данные, полученные рубидиево-стронциевым методом для амазонита 410—547 млн. лет, то они близко отвечают остальным определениям — 400 и 460 млн. лет. Для сравнения приводится нижняя часть шкалы абсолютного возраста (в млн. лет) по Белоусову:

Кембрий	Н. Силур	В. Силур	Девон
455—390	390—345	345—310	310—276

Если придерживаться данных этой таблицы, то положение сиенитового комплекса скорее всего соответствует самым низам палеозоя и близко кембрию.

Таким образом, произведенное исследование по уточнению возраста сиенитового комплекса позволяет заключить, что выделение его из системы докембрийских магматических пород УССР, пред-

сказанное А. П. Карпинским и далее разработанное В. И. Лучицким, находит новое обоснование. Однако указанный В. И. Лучицким верхнепалеозойский или мезозойский возраст не подтвердился.

В свете высказанных в докладе положений, утверждающих нижнепалеозойский возраст сиенитовых пород, идея связи нефелиновых сиенитов Приазовья со щелочной системой, окаймляющей русскую платформу, не теряет своего значения. Установление на Чешской губе досилурийских нефелиновых сиенитов является лишним подтверждением, что заложение щелочного кольца вокруг русской платформы скорее всего является нижнепалеозойским. Дальнейшие коррективы должны внести наблюдения по Уралу, где имеются явно разновозрастные щелочные породы: каменноугольного возраста и более древние, вероятно, нижнепалеозойского.

Выводы

1. Приведенные в сообщении данные о нижнепалеозойском возрасте сиенитового комплекса щелочных пород невольно приводят нас к новому представлению о том, что в пределах юго-восточной краевой части Украинской кристаллической плиты мы имеем своеобразное проявление догерцинского орогенеза, с последующим наложением новых тектонических проявлений, связанных с формированием Донецкой геосинклинали. Отражением влияния последних среди интрузивных пород Приазовья является обильная серия эффузивно-дайкивых пород. В отличие от массивов сиенитового комплекса, ориентированных в субмеридиональном направлении, последнее отличается северо-западным направлением, близким к широтному, и рвут породы сиенитового комплекса: Эти эффузивные дайковые образования связаны с началом прогибания Донецкого бассейна.

2. Изложенный материал о геологическом возрастном положении сиенитового комплекса выдвигает породы этого комплекса в качестве опорного объекта, по которому вполне возможна проверка годности той или иной методики определения абсолютного возраста. При этом считаю, что наиболее положительные результаты могут быть достигнуты только при условии выделения радиоактивных мономинералов из горной породы в чистом виде.

3. Не решенной остается проблема связи сиенитового комплекса юго-востока УССР с комплексом пород коростенского комплекса, приуроченного к другой краевой части Украинской кристаллической плиты, о котором докладывал И. Л. Личак. Не исключено, что это разновозрастные комплексы. В окончательном решении этой проблемы существенную помощь может оказать проверенная методика определения абсолютного возраста пород.

ВОЗРАСТНЫЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ЧУДНОВО-БЕРДИЧЕВСКИХ И ЖИТОМИРСКИХ ГРАНИТОВ ПО р. СЛУЧУ

А. Я. Хатунцева

На первом заседании мы заслушали два доклада, дающих новейшее современное представление о стратиграфии Украинского кристаллического массива,— доклад Н. П. Семененко и доклад Ю. Ир. Половинкиной. Из докладов следует, что стратиграфические схемы, разработанные в Киеве и Ленинграде, различаются по многим своим положениям.

Созыв настоящего совещания является как нельзя более актуальным, так как оно должно помочь путем широкого обмена мнениями придти к однозначному решению, если не по всем, то хотя бы по некоторым спорным вопросам. На одном из таких вопросов я хочу остановиться. Это вопрос о возрастных взаимоотношениях житомирских и бердичевских гранитов.

В результате проведенных исследований по р. Случь в области непосредственного соприкосновения житомирского и бердичевского комплекса, нами получены некоторые данные, которые говорят в пользу стратиграфического расчленения этих комплексов, согласно схеме Н. П. Семененко.

Эти данные общегеологического порядка подтверждаются также результатами структурного анализа, изучения минералогических и петрохимических особенностей пород, их аксессуарной минерализации и т. д.

Основные структурные особенности участка кристаллического массива в верхнем и нижнем течении р. Случь обусловлены наиболее древней складчатостью северо-западного направления, которая в пределах Украинского кристаллического массива Н. П. Семененко обозначается как бужская складчатость. Крупные чередующиеся антиклинальные и синклинальные складки осложнены дополнительными и повторными складчатостями второго и более высоких порядков, как сингенетичной с образованием основной структуры, так и возникших в связи с новым более молодым верхнеархейским тектономагматическим циклом.

Древние складкообразовательные процессы, создавшие горные цепи северо-западного простирания, сопровождались мощной интрузией бердичевских гранитов, которые были вовлечены в общее движение горных масс при складкообразовании и размещались при этом в замковых, сводовых частях крупных антиклинальных структур.

Эпигенетическая повторная складчатость в пределах древних структур наиболее интенсивно проявляется в структурах территориально ближе расположенных к области сплошного распространения житомирского комплекса, причем характерно общее изгибание всего края древней структуры в ССЗ направлении.

В этом районе усиленное развитие получает более мелкая складчатость субмеридионального и ССВ направления, часто в виде поперечных к первоначальным структурам складчатых перегибов. На крыльях поперечных складчатых структур образуется дополнительная мелкая складчатость типа складок волочения.

Образование поперечной по отношению к древним СЗ структурам складчатости с возникающим в пределах ее между пластовым волочением и широким развитием пегматитовой складчатости свидетельствуют о пластическом состоянии сильно прогреваемых в связи с интрузиями житомирских гранитов древних метаморфических и других пород. Эти древние породы подвергались обильной инъекции и повторному метаморфизму в условиях интенсивных тектонических напряжений. Однако первоначальная жесткость древних, преимущественно метаморфических пород, не могла не сказаться на их последующем метаморфизме и способности поддаваться тектоническим напряжениям.

По этой причине, а также благодаря отсутствию в этом районе осадочных толщ верхнеархейского времени мы не встречаем самостоятельных крупных складчатых структур более молодого субмеридионального направления. Они всегда подчинены в своем пространственном размещении древним складчатым структурам СВ простирания. Тонкая инъекция аплито- пегматитового и аплито-гранитного материала носила характер послойного внедрения не только по отношению к сингенетичным с ней структурным формам субмеридионального направления, но также и к более древним структурам СЗ направления, т. е. приспособлялась и следовала по уже существующим ослабленным путям.

Более крупные тела житомирского гранита размерами в 100—500 м также приспособляются к древним СЗ структурам, образуя раздутия линзовидного характера. Изредка в виде маломощных секущих тел житомирские граниты проникают в периферийные части крупных массивов бердичевских гранитов.

С интрузией житомирского гранита связаны широко развитые процессы инъекции, мигматизации и повторного метаморфизма магмой житомирского гранита и ее производными метаморфических и др. пород нижнего архея (бердичевского комплекса). В результате процессов повторного метаморфизма значительное развитие

получают породы типа полимигматитов, палингенезированных гнейсов и др. Полимигматиты наиболее отчетливо фиксируются макроскопически в тех случаях, когда в древние серые инъеccionные гнейсы и мигматиты бердичевских гранитов происходила инъекция бледнорозовых аплито-пегматоидных разностей житомирского гранита. Повторный метаморфизм древних пород зачастую был настолько интенсивен, что они совершенно утратили свой первоначальный облик.

Крупные массивы бердичевских гранитов являлись наиболее жесткими, и, следовательно, легче противостояли повторно метаморфизирующему воздействию магмы житомирских гранитов и ее производных.

Это воздействие сказывалось, главным образом, в периферийных частях массивов, а также в зонах усиленной трещиноватости пород. Подобное воздействие проявляется прежде всего в появлении в бердичевских гранитах новообразований, свойственных более молодым житомирским гранитам, в первую очередь, мусковита, а также апатита и микроклина.

Из-за жесткости крупных массивов бердичевских гранитов на них особенно сильно сказалось динамометаморфическое воздействие, обусловленное стрессом, который вызвал появление субмеридиональной и СЗ поперечной к древним структурам складчатости. Динамометаморфизм проявился, в частности, в очень сильною линейно-волнистом угасании кварца. В породах красноселко-остропольской структуры, расположенной дальше к юго-западу, динамические деформации выражены наиболее интенсивно. В пределах этой структуры как сами граниты, так и содержащиеся в них гнейсовые ксенолиты повсеместно катаклизированы.

Проведенными исследованиями устанавливается для разновозрастных магматических комплексов районов (в данном случае бердичевского и житомирского) не только различный характер минеральных ассоциаций породообразующих минералов, но и присущая каждому комплексу своя специфическая акцессорная минерализация. Для бердичевских гранитов из акцессорных минералов наиболее характерным является монацит, а также метамиктно-измененный циркон.

Монацит образует лучше или хуже оформленные кристаллы, реже неправильные зерна. Облик кристаллов-часто плоскотаблитчатый по (100), отдельные грани плохо выражены, нередко оплавлены. Поверхность граней во многих случаях с неровностями, углублениями. Отдельные лучше оформленные кристаллы монацита кристаллизованы в призматическом классе моноклинной сингонии и представляют собой комбинацию первого пинакоида, ромбической призмы первого рода и пинакоида второго рода, образуя своеобразный габитус кристалла. В других случаях к ним присоединяется второй пинакоид и грани призмы третьего рода, придающие кристаллам монацита облик, который обычно обозначается для него во всех справочниках по минералогии.

Циркон бердичевских гранитов отличается своим чрезвычайно сильно метамиктно-измененным характером с резким изменением физических и оптических свойств (понижение твердости до 3—4, уменьшение светопреломления и двойного лучепреломления и т. д.). Возникает вопрос, не является ли столь сильное, не встречающееся в других комплексах, изменение свойств циркона следствием более продолжительного действия радиоактивного разложения, т. е. не сможет ли этот признак служить еще одним подтверждением более древнего возраста содержащих их пород.

Для бердичевских гранитов характерно отсутствие апатита, фиксирующее собой геохимическую особенность этих пород, в процессе кристаллизации которых весь фосфор был связан с редкоземельными элементами.

Для житомирских гранитов характерным аксессуарным минералом является апатит. И если апатит появляется иногда в заметных количествах в бердичевских гранитах, то только в периферической части массивов последних всегда в связи с повторно метаморфизирующим контактово-метасоматическим воздействием интрузий житомирского гранита.

Монацит и циркон не характерны для житомирских гранитов и появляются в них обычно в связи с ассимиляцией древних пород. Чрезвычайно интересны явления растворения монацита в житомирских гранитах, ассимилировавших породы древнего бердичевского комплекса, что отчетливо наблюдается в шлифах из Полонного, Понинки и др.

В петрохимическом отношении житомирские граниты в сравнении с бердичевскими отличаются своей большей кислотностью и щелочностью. В соответствии с увеличением количества щелочных шпатов отмечается уменьшение содержания аноритовой молекулы, уменьшается также относительное количество атомов элементов, входящих в темноцветные минералы. Характерным для житомирских гранитов является также гораздо меньшее (нередко в два-три раза) относительное количество магния.

Очень важным является вопрос правильного отбора монацита для определения абсолютного возраста. При этом следует учитывать одно обстоятельство. Как установлено, на большом фактическом материале М. Н. Ивантишиным, монацит является чрезвычайно характерным аксессуарным минералом бердичевских гранитов. Пожалуй не менее обычен монацит и для юных розовых аплитопегматитовых гранитов. Интрузии розовых гранитов, относимые к протерозою, происходили уже в достаточно консолидированное архейское складчатое сооружение и сравнительно часто проявляли себя в процессах, которые Д. С. Коржинским охарактеризованы, как инфльтрационное магматическое замещение.

Ю. И. Половинкиной еще прежде подчеркивалась способность магмы розовых гранитов пропитывать как губку вмещающие породы. Вполне допустимо, что в тех случаях, когда сквозь магматические растворы розовых аплитопегматоидных гранитов проходили

через толщу монацитсодержащих нижнеархейских пород, они могли обогащаться редкоземельными и др. элементами этих древних пород. Не может подобное обогащение сказаться на результатах определения абсолютного возраста таких не чистых образцов. Здесь, мне кажется, совершенно прав Л. В. Комлев, подчеркивая всю важность и серьезность правильного геологического подхода к отбору образцов для определения абсолютного возраста, так как меньшее количество правильно отобранных образцов может дать значительно более полезные результаты.

О СТРАТИГРАФИЧЕСКОМ РАСЧЛЕНЕНИИ ДОКЕМБРИЙСКИХ ФОРМАЦИЙ УССР И ОПРЕДЕЛЕНИИ АБСОЛЮТНОГО ВОЗРАСТА ПОРОД И МИНЕРАЛОВ

Ю. Ю. Юрк

Из заслушанных здесь докладов, в частности, из докладов Н. П. Семененко и Е. С. Бурксер видно, что мы еще не можем базировать на данных определений абсолютного возраста пород стратиграфическое расчленение серий и формаций докембрия кристаллического массива. В самом деле, из многочисленных примеров, которые приводили Н. П. Семененко и Е. С. Бурксер, видно большое колебание в возрасте одних и тех же серий пород, колебания эти иногда достигают разницы в $1/2$ млрд. и даже 1 млрд. лет. Естественно, что такие данные не могут служить основанием для стратиграфического расчленения пород кристаллического массива докембрия УССР. В одном случае получается, например, что бердичевские граниты древнее житомирских, а в другом случае — наоборот. Или, например, екатериновские граниты, абсолютный возраст которых, по данным Е. С. Бурксер, свыше полутора миллиарда лет, а на самом деле геологи считают их наиболее молодыми гранитами Приазовья.

Несмотря на такие неутешительные результаты, я из этого не хочу делать вывод, что надо махнуть рукой на определение абсолютного возраста пород. Наоборот, в связи с этим я хочу внести предложение, чтобы комиссия по определению абсолютного возраста геологических формаций Академии наук СССР организовала систематическую, весьма тщательную исследовательскую работу в трех-четыре лаборатории по определению абсолютного возраста пород различными методами и в надлежащем объеме. Необходимо, чтобы в этих лабораториях, скажем, в Ленинграде, Москве и Киеве тщательная, скрупулезная работа велась квалифицированными кадрами, была достаточно оснащена и обеспечена материально и чтобы осуществлялось должное научно-координационное руководство этими работами. При этом условии можно надеяться, что в ближайшее время мы получим более надежные результаты в этом направлении.

Перейду к стратиграфическим докладом.

Ю. Ир. Половинкина в своем докладе сказала, если я правильно ее понял, что в зависимости от того, какой метод положен в основу стратиграфического исследования докембрия, получаются и различные результаты, примером чему были демонстрировавшиеся здесь схемы Н. П. Семененко и Ю. Ир. Половинкиной. Мне думается, что не в противопоставлении различных методов, а в их сочетании для стратиграфического расчленения надо видеть максимальный успех в этих исследованиях.

Нет нужды подробно останавливаться на том, что структурно-геологические исследования чрезвычайно важны для стратиграфического расчленения немых толщ докембрия. Важность эта обусловлена тем, что в период преобразования подвижных зон (о которых здесь говорила Ю. Ир. Половинкина) в складчатые области осадочные и интрузивные породы этих зон приобретают определенную пространственную ориентировку, которую нельзя не учитывать при всестороннем изучении пород.

Меня удивила стратиграфическая схема Ю. Ир. Половинкиной в той ее части, где она обширнейший комплекс метаморфических и магматических пород (с различными их дериватами) отнесла без расчленения к нижнему архею.

Я считаю, что наша задача заключается не в том, чтобы объединять в одном обширном комплексе генетически различные серии и формации докембрия, а в том, чтобы более детально, более подробно стратиграфически расчленять этот сложный древнейший комплекс пород.

В схеме Ю. Ир. Половинкиной к одной осадочной эпохе отнесен обширнейший гнейсовый комплекс, кварциты, известняки, графитовые гнейсы и к одному магматическому циклу сведена масса различных пород (основных и кислых) кристаллического массива Украины. Если посмотреть на карту докембрия Украины, то породы нижнего архея, по Ю. Ир. Половинкиной, займут $\frac{3}{4}$, если не $\frac{4}{5}$ всей площади кристаллического массива, а на долю пород верхнего архея, нижнего и верхнего протерозоя остается весьма незначительная часть массива. Если допустить, что более молодые образования могли быть в большей степени денудированы, чем более древние, то и в этом случае соотношения между ними кажутся невероятными.

Кроме метабазитов, ультрабазитов и им подобных пород, Ю. Ир. Половинкина относит к нижнему архею плагиограниты, граптодиориты и кировоградско-житомирский гранитный комплекс с аплитами, пегматитами и мигматитами. Этот магматический комплекс больше, чем какой-либо другой, распространен на территории массива. С интрузиями указанного гранитного комплекса связан, с одной стороны, интенсивный процесс инъекции и мигматизации, создавший обширное поле мигматитов и, с другой — наиболее крупные месторождения пегматитов Украинского кристаллического массива.

Хорошо известно, в том числе и Ю. Ир. Половинкиной, что граниты житомирского типа прорывают гранодиориты, причем не жилами, а массивы гранита внедряются в массивы гранодиорита, и

каждый из них приурочен к различно ориентированным структурам. Например, житомирского типа гранит антоновского плутона прорывает гранодиориты Горного Тикича.

Ю. Ир. Половинкина объясняет такое пересечение тем, что одни гранитоиды немного моложе других в одном цикле. Вряд ли может быть, чтобы граниты одного и того же складчатого этапа (пользуясь термином Ю. Ир. Половинкиной) так прорывали один другого и были связаны с различно ориентированными структурами. Кроме того, также известно, что гранодиориты и плагиограниты испытали в последующем интенсивный динамометаморфизм, вследствие чего многие геологи называли их гнейсами и ортогнейсами, чего нельзя сказать о гранитах кировоградско-житомирского комплекса. Как же это может быть, что одни из гранитоидов, образовавшихся в один и тот же этап складкообразования, претерпели разгнейсованность под влиянием последующих тектонических процессов, а другие не испытали этого. Мне кажется, что в нижней своей части стратиграфическая схема Ю. Ир. Половинкиной не делает прогресса, хотя и по новому трактует вопрос.

Отмеченные контактовые взаимоотношения древнейших гранодиоритов и житомирских гранитов объясняются, по-моему, тем, что они разновозрастные, интрузии эти разных периодов и объединять их в один цикл, в один этап нет оснований. Мне кажется, что вряд ли кировоградско-житомирский монацитоносный гранитный комплекс следует относить к архею вообще.

Здесь необходимо сказать несколько слов о границе между археем и протерозоем. Что положить в основу, чем руководствоваться, проводя такую границу? Так как в схеме Ю. Ир. Половинкиной после нижнего архея идет не то верхний архей, не то нижний протерозой, то, очевидно, трудно мотивировать границу между археем и протерозоем. Мотивы Н. П. Семененко в этом вопросе также для меня не ясны. Базировать границу между археем и протерозоем на данных абсолютного летоисчисления нельзя сейчас по причинам, сказанным выше.

Я в своей работе гнейсовый комплекс, который Ю. Ир. Половинкина относит к нижнему архею, расчленяю на две серии. Биотитовые и grano-биотитовые, биотит-амфиболовые гнейсы и амфиболиты вместе с метабазитами, габбро-амфиболитами, гранодиоритами и плагиогранитами я отношу к архею. Интрузии гранодиоритов и плагиогранитов связаны со складчатыми структурами северо-западного направления, как господствующего, и этим структурам подчинены перечисленные гнейсы.

Кристаллические известняки, кварциты, графитовые гнейсы Побужья, Приазовья и других районов вместе с кировоградско-житомирским гранитовым комплексом следует относить к нижнему протерозою. Эти образования подчинены господствующим субмеридиональным структурам. В направлении этих структур наблюдаются отклонения к северо-западу, точно так же как и в более древних структурах находятся отклонения в ту или другую сторону, но здесь

речь идет о господствующем направлении. Криворожский антиклинорий не везде вытянут в северо-восточном субмеридиональном направлении, есть отклонения к северо-западу. В районе Курской аномалии железистые роговики и кварциты считающиеся продолжением кремнечугских, ориентированы в северо-западном субмеридиональном направлении, однако в пределах Украинского кристаллического массива этот комплекс подчинен субмеридиональным северо-восточным структурам. Поэтому непонятно, почему Ю. Ир. Половинкина отказывается признавать в наиболее древних структурах кристаллического массива господствующим северо-западное направление, ведь данные у нее на это есть. Я не склонен считать, что складчатые структуры вытянуты по линейке, однако в складчатых областях, в складчатых структурах есть какое то господствующее направление.

Следовательно проводя границу между археем и протерозоем у основания побужской серии известково-кварцито-графитовых пород мы руководствовались следующим: термин «протерозой» был предложен для всех кластических образований между кембрием и археем, которые должны представлять большую группу, эквивалентную палеозою. Предложенный термин указывал, что для этого времени характерно развитие древней жизни, не утверждая, однако, что жизнь здесь появилась впервые на земле. Принимая образования мощных пластов известняков и концентрацию углеродистого вещества (в последствии графитонакопление), как результат деятельности органической жизни, эти наземные образования с обильными документами живой природы, отличающимися их тем самым от других осадочных толщ докембрия, естественнее всего относить к протерозою, а не к архею, в котором жизнь могла быть лишь в первоначальной стадии.

Такое обоснование границы между археем и протерозоем мне кажется естественным. Если же, обосновывая границу между археем и протерозоем, руководствоваться иным принципом, тогда ее можно проводить выше — у основания криворожской серии.

Н. П. Семененко проводит границу между археем и протерозоем выше, чем я, однако в последовательности почти нет противоречий. А так как стратиграфическая граница в какой-то мере вещь условная, то принципиального различия в трактовке последовательности развития магматических комплексов и осадочных серий между нами нет, за исключением некоторых деталей вроде того, что нет еще достаточных оснований, я считаю, относить чудново-бердичевский гранит в наиболее древний магматический комплекс вместе с гранодиоритами, которые встречаются ксенолитами в этом граните. Что же касается верхнего протерозоя, то здесь разногласия незначительные.

Ю. Ир. Половинкина относит уманский гранит в комплекс красных гранитов типа токовского, днепровского, боковьянского и др.

Прежде всего, о днепровском граните. Я бы предложил или же не пользоваться этим термином вообще, или же оставить за ним

прежнее сборное название, которое определяло бы эти розово-красные аплитовидные граниты, как продукты эпимагмы разновозрастных гранитных интрузий. В докладах Н. П. Семененко и Ю. Ир. Половинкиной днепровскому граниту отведено определенное стратиграфическое положение. Этим вносится новый момент в стратиграфию магматических комплексов, однако не известны самостоятельные крупные массивы днепровского гранита, подобные, хотя бы токовскому, анатолийскому и др. Так называемые днепровские граниты, являющиеся краевой фацией различных плутонов, в том числе и уманского, широко развиты на территории Украинского кристаллического массива, однако самостоятельные их плутоны не известны.

Что же касается уманского гранита, то я не согласен с предложением Ю. Ир. Половинкиной, считающей его моложе житомирского и относящей его в ряд красных гранитов типа токовского и др. Уманский гранит не красный, как токовский или осницкий, а серый порфиридовидный с бледно-розовым или серым микроклином порфировых вкрапленников. Но розовый цвет порфировых вкрапленников полевого шпата нередко бывает и в кировоградском граните. В уманском массиве встречаются участки гранита очень сходного с житомирским. На этом основании ряд исследователей — Н. И. Безбородько, В. Н. Чирвинский, А. П. Лебедев — параллелизовали уманский гранит с житомирским, но сходства с токовским гранитом у уманского не наблюдалось. Некоторая разница с типичным кировоградским гранитом у уманского есть, но ведь в этот комплекс входят разные типы этой гранитной формации.

Ю. Ир. Половинкина ссылаясь на показатели преломления биотита гранитов. В. С. Соболев установил, что показатель преломления биотитов зависит от общей железистости минерала, а общая железистость биотита в граните уманского плутона бывает и 50 и 70, так что показатели преломления биотитов не являются основанием для того, чтобы уманский гранит относить к более молодому возрасту, чем житомирский гранит.

Перехожу к возрастным соотношениям пегматитов. На территории Украинского кристаллического массива мы имеем различные пегматитовые образования, связанные с различными типами гранитов. Наиболее древние пегматиты связаны с плагиогранитами. Они образуют маломощные тела и мало интересны минералогически. Пегматиты, связанные с кировоградско-житомирским гранитным комплексом, образуют на территории Украинского кристаллического массива главную массу месторождений, представленных крупными телами. В минералогическом отношении это весьма интересные пегматитовые образования.

Геохимической и минералогической особенностью этих пегматитов является то, что в качестве летучих компонентов, кроме паров воды, в них значительную роль играли фосфор и бор, которые представлены такими минералами как апатит, монацит и турмалин. Богаты эти пегматиты разновидностями мусковита, а редкоземельные

минералы (монацит, ортит, тантало-ниобаты и др.) нередкое явление в них. Надо отметить, что разнообразием минерального состава, в том числе наличием редких и радиоактивных минералов, а также мощностью пегматитовых тел эти пегматиты отличаются от всех остальных пегматитов кристаллического массива, связанных с другими гранитами.

Пегматиты, связанные с более молодыми гранитами — токовскими и другими, имеют меньшее развитие, чем предыдущие, и характеризуются, с одной стороны, наличием ортита и минералов железа и, с другой — полевошпато-кварцевые образования в гранитах несут такие сульфиды как молибденит, халькопирит, кубанит, а также содержат турмалин. Пегматиты, связанные с коростенскими гранитами, находятся в материнских породах и характеризуются такими минералами, как морион, топаз, флюорит, торит и др. С пегматитами коростенских гранитов можно параллелизовать пегматиты екатериновских гранитов на Приазовье. Это наиболее молодые пегматиты.

После изложения такой возрастной последовательности пегматитовых образований кристаллического массива интересно привести данные по определению абсолютного возраста некоторых пегматитов. Здесь уже приводили некоторые из них. У нас еще мало данных, однако некоторые сравнения получаются интересные.

Определения возраста полевого шпата по аргону из пегматита района Старой Гуты и Глибочка (р. Случь) дают примерно одинаковые цифры. По двум-трем определениям средние данные такие: полевоый шпат из Старой Гуты — 1426 млн. лет, из Глибочка — 1435 млн. лет. Микроклин из пегматита балки Калиновской (южнее Кировограда) дал возраст 1548 млн. лет.

Полевоый шпат из Елисеевки на Приазовье показал 1562 млн. лет; другой образец полевого шпата из того же пегматитового тела Зеленой Могилы дал — 1141 млн. лет. Мусковит из этого же образца дал возраст по аргону — 2058 млн. лет.

Следовательно, аргоновым методом получены разные данные о возрасте минералов одного и того же пегматитового тела.

Как показывают цифры, колебания в возрасте минералов слишком большие, особенно если сопоставить цифры, относящиеся к мусковиту (2058 млн. лет) и второму полевошпату (1141 млн.), взятых из одного образца.

Возраст различных образцов полевого шпата из этого же пегматита расходится на 421 млн. лет. Возраст приазовита из пегматита Зеленой Могилы, определенный свинцовым методом, оказался равным 868 млн. лет, а по данным Н. П. Семененко — 600 млн. лет.

Пегматиты Западного Приазовья мы связываем с интрузией гранитов житомирского типа, для которых возраст мусковита (2058 млн.) слишком высокий, а возраст приазовита очень мал, более удовлетворительным кажется возраст полевоых шпатов по аргону. Возраст мусковита почти в два раза превышает возраст полевоого шпата и это относится не только к пегматиту Приазовья, но и к

пегматути р. Случь. Возраст мусковита из пегматита с. Марковки (р. Случь) по аргону равен 2170 млн. лет, а возраст полевого шпата из того же пегматита — 1219 млн. лет.

Перечисленные пегматиты генетически связываются с гранитами кировоградско-житомирского комплекса и возраст их близок.

Был определен еще полевой шпат из Андреевки (Приазовье). Но четыре определения образца дали заниженные результаты — 1089 млн. лет.

Далее идет группа более молодых пегматитов. Пегматит из р. Волновахи, который моложе пегматитов кировоградско-житомирского комплекса, показал возраст — 1167 млн. лет, а ортит из пегматита р. Волновахи, определенный свинцовым методом дал возраст — 1400 млн. лет.

Наконец, пегматиты Волыни, находящиеся в гранитах коростенского плутона, дали такие цифры: образец полевого шпата из Писаревки — 1040 млн. лет, а образец из Писаревской Гуты — 1050 млн. лет.

Из приведенных данных можно сделать следующий вывод: определение возраста полевых шпатов аргонным методом, в общем удовлетворяет стратиграфической последовательности (за отдельными исключениями) пегматитов кристаллического массива. По мусковиту получаются завышенные цифры. В определении возраста минералов свинцовым методом получается, по моему мнению, такая зависимость: в том случае, когда минерал содержит высокий процент урана и значительное содержание свинца (приазовит) возраст получается заниженный, если же в минерале мало урана (колумбиты, монациты) возраст получается чрезвычайно огромный. На это следует обратить внимание, надо с предельной точностью провести определение возраста различных минералов свинцовым методом из одного и того же месторождения для выяснения причины такого большого расхождения в цифрах.

В заключение мне хочется еще раз высказать надежду, что хорошо организованная упорная работа по совершенствованию методов определения абсолютного возраста, должна увенчаться успехом, чего так жаждут геологи и они будут всемерно помогать в этом физикам.

ВЫСТУПЛЕНИЯ

Выступление *Н. И. Хитарова*. И. Е. Старик закончил свое вводное слово указанием на то, что существенным является отбор образцов, установление критериев их пригодности к измерению.

В связи с этим позволю обратить внимание присутствующих на одно обстоятельство, имеющее отношение к сообщению Э. К. Герлинга.

Э. К. Герлинг показал на доске ход кривой отдачи аргона микроклином в процессе нагревания образца.

Примерный ход кривой таков: в течение первых 100—150° идет подъем за счет удаления адсорбированной части газа, затем кривая спадает и вновь значительно поднимается, достигая максимума в интервале 400—500° С. При дальнейшем разогреве кривая спадает на нет.

Аналогичный ход имеет кривая разрывов для микроклина, количественно характеризующая разрывы полостей, включающих газо-жидкие или чисто газовые включения, в зависимости от температуры разогрева изучаемого образца.

Акустический метод позволяет довольно хорошо диагностировать наличие подобных включений в минерале.

Имеющийся в нашем распоряжении экспериментальный материал по микроклинам из пегматитов показывает, что отдача содержащего включения преимущественно протекает в интервале 400—500° С.

Следовательно, в процессе разогревания минерала и откачки газа улавливаться будет не только газовая часть, возникшая за счет распада K^{40} минерала, но и газовая составляющая маточной среды, в которой шло образование минерала.

Если в маточной среде существовал магматический аргон, то при измерениях возраста микроклинов с достаточным количеством включений должен быть отмечен избыточный аргон.

Целесообразно поэтому для измерения отбирать микроклин с минимальным содержанием включений, предварительно характеризуя образец кривыми разрывов. В связи с отмеченным явлением нужна экспериментальная работа методического характера. Она важна для

уточнения методической части аргонового метода и может быть не безынтересной для обоих вопросов, связанных с представлениями о природе минералообразующих растворов.

В дополнение к изложенному, хочу еще подчеркнуть особую значимость отбора каменного материала и детального его описания. Как эта сторона дела, так и методическая, в заслушанных докладах, почти отсутствовала. В этом отношении я не удовлетворен сообщениями.

В заключение следует высказать пожелание о скорейшем издании инструкции, определяющей требования, предъявляемые к отбору материала для измерения абсолютного возраста.

Перед выпуском ее весьма желательно проект предварительно подвергнуть рассмотрению в широком кругу геологов, минералогов и геохимиков.

О возрасте и составе железистой толщи Приазовья, района Корсак-Могилы

Выступление *Г. В. Жукова*. Н. П. Семененко в своем докладе говорил относительно развития железорудной свиты в западной части Приазовского кристаллического массива. Наличие этих железистых пород известно давно. Так, в 50 км к северо-западу от Мелитополя имеется несколько разобщенных выходов железистых кварцитов, которые были известны почти 100 лет назад и различными исследователями относились то к тетерево-бугской свите, к нижнему архею, то параллелизовались с криворожской свитой.

Следует отметить, что относительно не только стратиграфического положения этих пород существует такое противоречивое мнение, но существует такое противоречивое мнение и относительно генезиса этих пород. Некоторые исследователи считали, что эти железистые породы не осадочного происхождения, а являются гидротермальными образованиями и образовывались за счет покровов ультраосновных пород.

В Приазовьи имеются три крупные участка развития железистых пород, которые носят местные названия: Корсак-Могила, Каменная Могила и гора Куксунгур. Они расположены в верхнем течении реки Корсак и ее правого притока р. Шавка и находятся в 12—13 км друг от друга.

В последние годы получены новые данные, которые подтверждают принадлежность этих пород к породам криворожской серии. Раньше основным критерием отнесения этих пород к криворожской серии — был структурный критерий. Эти породы, так же как и порода криворожской серии, образуют узкие синклинали субмеридионального простиранья. Сейчас появились новые данные, которые дают дополнительные мотивы для параллелизации железистых пород Приазовья с криворожской серией. Оказалось, что этот комплекс хорошо делится на три отдела. Причем по составу эти отделы вполне аналогичны криворожским. Имеется нижний отдел, представ-

ленный также, как в Криворожье, песчанистыми отложениями. Он сложен слюдястыми песчаниками, которые предыдущие исследователи принимали за аркозовые песчаники. Дело в том, что листочки биотита при выветривании на поверхности дают белые пятнышки каолина, который принимался за продукт разрушения полевых шпатов. Это слюдястые кварциты представляют нижний отдел железорудной свиты. Средний отдел представлен железистыми кварцитами. Железистые кварциты Приазовья отличаются от пород Криворожской серии своей более грубой слоистостью и более грубой зернистостью. Однако трудно считать, чтобы эта порода являлась продуктом гидротермального образования, как считали их И. Г. Сагайдак, Н. И. Милай и до сих пор считает М. И. Ожегова, несмотря на ряд убедительных, с моей точки зрения, фактов, говорящих в пользу осадочного происхождения.

Наконец, обнаружен в последние годы верхний отдел этой свиты. Он оказался представленным кристаллическими мраморовидными известняками, графитовыми и кварцито-слюдястыми сланцами. Это новое, что удалось обнаружить за последние годы.

Из приведенного сообщения видно, что в Приазовье мы имеем железорудный комплекс, очень похожий на Криворожский. Весь этот комплекс сложен, как на Криворожье, в острые синклинальные складки, от которых остались только ядра, таким образом, в настоящее время нет никаких оснований к тому, чтобы относить железистые породы Приазовья к тетерево-бугской свите, т. е. к нижнему архею.

На территории приазовского массива известны еще и другие выходы кристаллических известняков и белых безрудных кварцитов. С моей точки зрения, эти породы относятся исследователями к тетерево-бугской свите, исключительно по аналогии петрографического состава. Было бы очень хорошо поставить такую совместную работу, как выразился тов. Комлев, на паритетных началах — радиофизиками и геологами, которые смогли бы подработать методику определения абсолютного возраста не только магматических пород, но и занялись бы, в частности, метаморфическими породами. Особенно сложен на Украине вопрос о тетерево-бугской свите; одни и те же породы, имеющие сходство с тетерево-бугской свитой и вместе с тем, сходство с породами верхнего отдела криворожской свиты разными исследователями относятся в совершенно разные по возрасту свиты. Я считаю, что долг радиофизиков и геологов, совместно заняться выяснением возраста таких образований.

* * *

Выступление *Г. Р. Рика*. Определение абсолютного возраста геологических формаций является большой комплексной проблемой, в решении которой должны принимать участие на паритетных началах физики, геохимики и геологи. Вместе с тем следует отметить, что физики недостаточно еще привлечены к решению этой проблемы. В состав самой Комиссии входит очень мало физиков, мало фи-

зиков и среди делегатов этой сессии, в программе сессии стоит только один физический доклад И. Б. Боровского. Эта недооценка роли физиков при решении возрастных задач тем более недопустима, что все еще не решен ряд важных и принципиальных вопросов, касающихся существа радиоактивных методов определения возраста.

Мы знаем, что в термодинамических условиях существования нашей планеты скорость радиоактивного превращения практически не могла измениться под действием внешних условий. Однако это положение, высказанное еще В. И. Вернадским, нельзя догматически применять ко всем видам радиоактивного распада. В настоящее время доказано, что для тех процессов распада, для которых существенное значение играет электронная оболочка атома (захват орбитального электрона ядром, конверсионные процессы при изомерных переходах), скорость радиоактивного превращения зависит от внешних условий.

Так, для ядра Be^7 , распадающегося путем захвата орбитального электрона, постоянная распада больше, если бериллий взят в виде металла и меньше, если он взят в виде фторида или оксида. Изменение постоянной распада достигает здесь десятых долей процента. Вторым примером может служить распад Tc^{99} , изомерный переход которого связан с внутренней конверсией. При этом, для металлического Tc и соли KTcO_4 постоянная распада отличается на 0,3%.

Таким образом, необходимо более тщательно, в свете новых данных, проанализировать границы применимости тезиса Вернадского о независимости постоянной радиоактивного распада от внешних условий.

В основе аргонового метода лежит захват ядром K^{40} орбитального электрона. Поэтому в этом случае нельзя голословно утверждать, что распад K^{40} не зависит от внешних условий. Исключительный интерес представляли бы специальные опыты с K^{40} .

Другим существенным вопросом является численное значение постоянных распада, которыми следует пользоваться при расчетах. В настоящее время нет общепринятых значений для постоянных распада калия и актиноурана. Физики могли бы здесь не только критически рассмотреть имеющиеся в литературе данные, но и поставить специальные опыты по прецизионному определению постоянных распада современными методами.

Исключительно важное значение в рассматриваемой проблеме играет анализ изотопного состава начальных и конечных продуктов превращения.

В свое время Панет нашел по гелиевому методу, что возраст отдельных метеоритов достигает необычайно высокого значения в 7—9 млрд. лет. Недавно проведенный анализ изотопного состава гелия, выделенного из этих метеоритов, показал, что в нем имеется большое количество избыточного гелия — He^3 , образовавшегося в результате побочных ядерных реакций, идущих под действием космических лучей.

Примесь He^3 достигала 25% от общего количества гелия. С учетом изотопного состава гелия возраст этих метеоритов оказался порядка 5 млрд. лет.

Для аргонового метода совершенно необходимо производить анализ изотопного состава калия и выделенного аргона.

В настоящее время мною в Ленинградском университете закончен анализ изотопного состава калия в трех образцах метеоритов, любезно предоставленных проф. Э. К. Герлингом. В пределах ошибки опыта он оказался тем же, что и для хорошо изученных земных образцов. В ближайшее время предполагается закончить анализ изотопного состава аргона, выделенного из этих метеоритов.

Следует указать, что для аргонового метода серьезные опасения вызывает вопрос о полноте выделения калия при количественном его определении. В настоящее время необходимо, конечно, работать с радиоактивным индикатором, что однако не делает ни Э. К. Герлинг, ни Е. С. Бурксер, ни Н. И. Полевая.

Изотопный анализ элементов из различных природных образований помимо исключительного интереса для физики и геохимии может дать ценные сведения о механизме геологических процессов. Искажение изотопного состава элементов в том или ином природном образовании с несомненностью указывает на наличие вторичных процессов.

В этом отношении изотопный анализ является существенным критерием пригодности образцов для возрастных определений.

Приведенный выше пример с избыточным гелием, образовавшимся в метеоритах под действием космического излучения, наглядно показывает роль внешних условий при возрастных определениях. Если для определения возраста метеоритов особенно важно учесть ядерные реакции, идущие под действием космических лучей, то для правильного определения возраста горных пород и минералов необходимо изучить процессы, связанные с нейтронами естественного деления ядер.

Роль ядерных реакций при возрастных определениях может быть в известной мере учтена по сечениям реакций, измеренным довольно полно. Сводных данных по этому вопросу однако еще не имеется.

Несколько слов о внедрении различных методов определения возраста.

Аргоновый метод предложенный у нас в СССР В. Г. Хлопиным и Э. К. Герлингом находит широкое применение. Однако внедряется этот метод в недостаточно совершенном виде: без анализа изотопного состава калия и аргона, без контроля полноты выделения калия по радиоактивному индикатору, без стандартной схемы аппаратуры.

Это уже привело к появлению противоречивых результатов у Э. К. Герлинга и Е. С. Бурксера.

Рентгено-спектральный метод, предложенный И. Б. Боровским, в этом отношении особенно опасен.

Метод представляет собой упрощенную форму свинцового метода, не учитывающую изотопного состава свинца. Помимо этого, метод основан на большом числе упрощающих предположений, справедливость которых может быть проверена рядом контрольных опытов и калибровкой прибора.

Я не сомневаюсь в том, что И. Б. Боровский тщательно проделал все эти процедуры на своем приборе. Но вся эта подготовительная работа действительная только для данного экземпляра прибора, в определенном режиме его работы. При внедрении этого метода вся большая подготовительная работа должна быть проделана на каждом новом приборе. Это под силу только опытным спектроскопистам.

Таким образом, следует пожелать, чтобы авторы новых методов определения возраста тщательно отработали аппаратуру и методику измерения, прежде чем эти методы будут внедряться в широкую практику работы геологов.

Необходимо опубликовать подробные статьи, посвященные каждому методу определения возраста.

* * *

Выступление *И. С. Усенко*. Как это видно из доклада, по определению абсолютного возраста пород уже проделана большая работа — некоторыми результатами, как-будто, можно уже пользоваться; но, к сожалению, наряду с такими результатами есть еще целый ряд вносящих очень большой разбой в полученные цифры абсолютного возраста и до некоторой степени подрывающих веру в этот метод.

Анализируя этот факт, *Л. В. Комлев* обратил внимание на то, что при отборе образцов для определения абсолютного возраста геологи мало обращали внимания на качество материала.

Мне также хочется на этот момент обратить внимание присутствующих. Я считаю, что все методы определения абсолютного возраста должны быть опробованы главными лабораториями Советского Союза на совершенно однотипном материале. Я полагаю, что для этой цели минералы, отобранные из россыпей, не годятся. Минералы должны быть отобраны из свежих горных пород путем искусственных протолок. В связи с этим перед Институтом геологических наук АН УССР, которому поручался отбор материала для исследования, возникает серьезная задача по организации обогатительных работ, обеспечивающих получение концентратов необходимых минералов. Это очень большая и ответственная работа, над которой необходимо думать уже теперь. От правильной организации этих работ будет зависеть качество определений. Работа в лабораториях должна протекать в совершенно одинаковых условиях с одними и теми же материалами. Только в этом случае можно рещи-

тывать на положительное решение этой весьма важной проблемы, заключающейся в насаждении надежного, рабочего метода определения абсолютного возраста пород.

Несколько слов об общей стратиграфии докембрия Украины, несмотря на то, что эти вопросы уже обсуждались.

Мне кажется, что архейская часть стратиграфии и докембрия является более или менее установленной. Правильно относит Н. П. Семеновко к нижнему архею гнейсовую суперкристалльную толщу (я имею в виду графитовые силлиманитовые кордиеритовые и другие гнейсы, т. е. то, что называлось тетерево-бугской свитой) и породы кременчугско-звенигородского магматического комплекса, подольского комплекса, чарнокитовой серии и бердичевских гранитов. Нижнеархейский возраст этой группы пород не вызывает сомнений. Не вызывают сомнений в этом отношении и породы верхнего архея, куда входит криворожская формация с кировоградско-житомирским магматическим комплексом.

Что же касается протерозоя, то там есть ряд противоречий, которые нам следовало бы обсудить и, может быть, общими силами удалось бы разрешить спорные вопросы. Мне лично кажется что отнесение некоторых пород протерозоя к токовскому магматическому комплексу не имеет достаточных оснований.

Я имею в виду чернокварцевые граниты и сиенитоанортитовую серию пород Ингуло-Ингулецкого водораздела. Эти породы ближе стоят к Коростенскому комплексу. Я считаю, что с трактовкой возраста этих пород, данной Ю. И. Половинкиной, следует согласиться. Не совсем ясно положение в стратиграфической схеме овручской свиты. Мы считаем, что эта свита протерозойская, между тем в последняя время получен целый ряд новых геофизических данных позволяющих образование этой серии пород отнести к девону. При изучении стратиграфии протерозоя эти данные надо иметь в виду, так как породы овручской серии и коростеньского магматического комплекса могут оказаться более южными, чем это предполагается в настоящее время.

Может быть Ласкарев и Тутковский были правы, когда относили их к герцинским образованиям.

* * *

Выступление профессора *В. В. Чердынцева*. Я выступаю сейчас, как первый представитель от физиков и хотел бы сказать о некоторых, довольно ясных и может быть не нуждающихся с первого взгляда в подтверждении, положениях о связи геологов и радиологов.

Надо сказать, что на продолжении работы нашей сессии подобная связь чувствовалась далеко недостаточно. Мы слушали геологические доклады и доклады радиологические. Геологи используют данные по абсолютному возрасту сравнительно мало, и безусловно это положение сейчас нуждается в коренной перестройке.

До последнего времени в моей работе и в работах многих товарищей сбор материала ложился в основном на радиологов. Нам приходится проводить сбор материалов в коллекциях, в музеях, сбор на месторождениях, вплоть до проведения протолочек и т. д.

Конечно, сбор материала — это работа нелегкая, но не надо забывать, что определение возраста в нашей работе — физиков и химиков — также является делом чрезвычайно сложным. Определение возраста требует исключительной точности анализа. В этом отношении, мне кажется, геологи несколько заблуждаются вот в каком отношении. Из методов физико-химического анализа геологи встречаются в своей повседневной практике, в первую очередь, со спектроскопией и они привыкли, что данные спектрального анализа (полуколичественного, но не качественного) получаются чрезвычайно просто и легко. Примерно с таким подходом заказчика геологи приходят и к исполнителям — радиологам. Сейчас мы уже по Украине имеем данные, которые, очевидно, могут быть положены в основу абсолютной геохронологии докембрийского кристаллического щита Украины.

Но наряду с этим имеется большое число непроверенных данных, которые вносят определенный сумбур. Геологи справедливо относятся к ним несколько иронически, и это несколько дискредитирует метод. Очевидно, надо гнаться не за количеством, а за качеством, и несколько новых данных, хорошо проверенных, будут для нас важнее, чем сотни недостаточно проверенных анализов.

Я хотел бы остановиться на тех задачах, которые стоят перед радиологами. Здесь есть ряд вопросов методического характера, вернее принципиального характера, касающихся принципиальной стороны учения об определении абсолютного возраста.

Необходимо дополнительное определение констант распада. Если константы распада урана и тория известны достаточно хорошо (с тремя знаками, а мы возраст определяем с двумя знаками), то константа рубидия и калия известны недостаточно, в особенности для рубидия ошибка достаточно велика.

Сравнивая данные по возрасту, полученные различными методами (очевидно только так мы можем получить надежные цифры), необходимо учитывать погрешность как в определении самого возраста, так и в значении констант распада, только тогда можно говорить о согласии или противоречии тех или других данных.

Я не считаю, что расхождения в тех значениях, которые встречались на протяжении нашей работы, определяются только неточностью констант распада, но определение их является одной из важных задач, стоящих перед физиками.

Следующая задача — определение изотопного состава.

Интересно, что стронций — это единственный тяжелый не радиоактивный элемент, для нерадиоактивных изотопов которого были недавно обнаружены довольно сильные отклонения изотопного состава. Таким образом, эта задача не является тривиальной. Здесь

могут быть некоторые неожиданности, особенно при определении изотопного состава калия и рубидия.

Некоторые работы по определению изотопного состава урана проведены нами, как об этом я предполагаю доложить. В некоторых случаях колебания изотопного состава будут сказываться на определении возраста.

Я приведу пример из области малых возрастов, из области действия радио-углеродного метода.

Известно, что отношение устойчивых изотопов углерода различно для образований растительного и животного мира, выражаясь языком Линнея. Изотоп C^{14} геохимически следует за C^{13} . Так, в раковинах моллюсков наблюдается обогащенные не только C^{13} , но и C^{14} . Поэтому можно ожидать, что, например, в одной и той же археологической стоянке мы будем иметь различный эффективный возраст для костей животных и для объектов растительного происхождения.

Важной задачей является исследование общих законов миграции, поскольку основной причиной, вызывающей отклонения возраста, бракующей данные радиолога, является миграция радиоэлементов и их продуктов распада.

В практической нашей деятельности я хотел бы предложить следующее.

Разумеется, надо использовать, по возможности, все методы.

На наших заседаниях мы говорили в основном уже о свинцовом и об аргоновом методах.

Из классических методов гелиевый не рекомендовался. Мимо него иногда проходили, иногда порицали.

Надо сказать, что гелиевый метод не очень пригоден для определения древних минералов, поскольку для минералов архейского возраста возможны большие потери. Но мне кажется пренебрегать им совершенно не следует, и в ряде случаев он может быть пригоден. В качестве минералов, для которых он может найти применение, я думаю, можно назвать ильмениты и может быть пириты, наконец колумбиты, хотя для Елисейки, как мы слышали, они дали заниженное значение возраста.

Кроме того, нужно использовать минералы группы цирконов, монацит и другие, хотя последние обычно дают заниженные значения возраста.

К использованию этого метода надо подойти с полной серьезностью. Наш коллектив радиологов Алма-Аты мог бы включиться в эту работу, если бы встретил поддержку со стороны геологов на тех паритетных началах, о которых сегодня уже говорилось.

* * *

Выступление *В. С. Домарева* (ВСЕГЕИ). Л. В. Комлев в своем докладе коснулся вопроса методики изучения древних толщ и отметил, что, по его мнению, та методика, которая выработана коллекти-

вом ВСЕГЕИ под руководством Ю. А. Билибина, неприменима для докембрия.

Мало вероятно, что в докембрии развитие земли происходило совершенно иначе, чем в последующее время. Наоборот, все данные показывают, что общие принципы развития сохранились от протерозоя до самого позднего времени. Конечно, это не значит, что все процессы во все времена совершались одинаково, и ясно, что по мере развития земли они претерпевали и качественное и количественное изменение, но общее направление процессов за время геологической истории земли может быть намечено, и в этом отношении в коллективе ВСЕГЕИ имеются уже некоторые фактические данные. Проведен, например, достаточно детальный металлогенический анализ по вырабатываемой во ВСЕГЕИ методике строения Карелии и Кольского полуострова, причем получены интересные данные о закономерностях распределения полезных ископаемых. Эти выводы касаются протерозоя и верхнего архея.

Тщательно проводится изучение территории северо-восточного Забайкалья, причем установлено, что этот регион в протерозое развивался вполне сравнимо с более поздним развитием палеозойских подвижных зон.

Поэтому изучение докембрия и, в частности, Украинского кристаллического массива можно производить по той же методике, по которой производится изучение других районов. Ю. И. Половинкина начала такое изучение и первые полученные данные она сообщила в своем докладе.

Несколько слов относительно определения абсолютного возраста. Из тех данных, которые сообщил Н. П. Семененко видно, насколько различные результаты получают для геологических комплексов, по геологическим данным как-будто бы одновозрастных.

Такие же разнообразные результаты получают и по другим докембрийским массивам, например, по Канадскому массиву, как это следует из литературных данных.

Было бы неправильно все эти несоответствия объяснять только не вполне удовлетворительной работой физиков, не вполне удовлетворительной методикой определения абсолютного возраста. Вероятно здесь виноваты и геологи.

И. Е. Старик на вопрос, заданный ему, ответил, что породы, претерпевшие те или иные изменения в результате наложения эндогенных процессов, не могут быть использованы для определения абсолютного возраста. Если понимать это положение буквально, то тогда, собственно, мы вообще не можем рассчитывать в докембрийских массивах и, в частности, в Украинском массиве получить удовлетворительные результаты. Однако такой вывод был бы неправильным, но ясно, что при отборе образцов для исследования необходимо в каждом отдельном случае выявлять те наложенные процессы, которые определяют современный облик породы.

Из выступления, хотя бы Л. Г. Ткачука мы слышали еще раз, что большинство пород украинского массива претерпели значитель-

ные изменения. Во всех этих породах, с одной стороны, можно встретиться с «наследственным» возрастом, т. е. с теми минералами, которые сохранились от более древних пород и, с другой стороны, с некоторым «омоложением» пород, что может привести к неправильным выводам об абсолютном возрасте того или иного интрузивного комплекса.

В частности, представляется вполне возможным, что даже в одном образце имеются минералы разного возраста, например, более древний монацит и наложенный полевой шпат. Поэтому различие между определениями возраста породы по свинцовому методу (монацит) и по аргоновому методу (полевой шпат) из одного образца, может объясняться не только погрешностью самих определений, но и недостаточно внимательным геологическим отбором материала.

Во всех данных, которые приводили докладчики, отсутствовала петрографическая характеристика образцов, по которым делались определения абсолютного возраста, и поэтому представляется, что петрографические требования к исследуемым образцам еще не выработаны. Если намечаемые сейчас широкие работы по определению возраста пород Украинского массива, не будут сопровождаться углубленным специальным петрографическим исследованием, то мы не будем гарантированы от большого числа ошибок и от неправильных выводов.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
И. Е. Старик, Вступительное слово	5
Н. П. Семенов, Стратиграфия докембрийских образований Украинского кристаллического массива и их абсолютный возраст	12
Л. В. Комлев, О возрасте некоторых архейских образований УССР	28
Е. С. Бурксер, Методы и результаты определения абсолютного возраста пород Украинского кристаллического массива	37
Э. К. Герлинг, Результаты определения абсолютного возраста аргоновым методом	45
Н. И. Полевая, Работы по определению абсолютного возраста аргоновым методом во Всесоюзном Институте геологии Министерства геологии и охраны недр	50
А. И. Тугаринов, Точность определений свинцовым методом и значение его для изучения возрастов вторичных изменений минералов	56
В. В. Чердынцева, Работы Казахского университета по исследованию методов определения абсолютного возраста горных пород	59
Ю. Ир. Половинкина, О стратиграфическом положении магматических комплексов Украинского кристаллического массива	69
И. С. Усенко, О стратиграфии дайково-эффузивных пород Украинского кристаллического массива	76
И. Д. Царовский, Возрастное положение сиенитового комплекса Приазовья	85
А. Я. Хатунцева, Возрастные взаимоотношения чудново-бердичевских и житомирских гранитов по р. Случу	96
Ю. Ю. Юрк, О стратиграфическом расчленении докембрийских формаций УССР и о определении абсолютного возраста пород и минералов	101
 Выступления:	
Н. И. Хитарова	108
Г. В. Жукова	109
Г. Р. Рика	110
И. С. Усенко	113
В. В. Чердынцева	114
В. С. Домарева	116

Опечатки

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
7	17 сверху	Монитобы	Манитоба
41	графа 3	$K_{2/2} \cdot 10^{-7}$	$K_{2/2}$
41	графа 4	$K^{40} 2/2$	$K^{40} 2/2 \cdot 10^{-7}$
61	7 снизу	всхождением	вхождением
65	схема	кассетерит	касситерит

5447