

УДК 550.93:553.86

## ПЕРВЫЕ ТРЕКОВЫЕ ДАТИРОВКИ ЦИРКОНОВ ИЗ МЕЗОЗОЙСКИХ КОМПЛЕКСОВ ПОЛУОСТРОВА КРЫМ

© 2010 г. А. В. Соловьев, М. А. Рогов

Геологический институт РАН, Москва

e-mail: solov@ilran.ru

Поступила в редакцию 05.08.2009 г.

Впервые проведено трековое датирование обломочных цирконов из мезозойских терригенных комплексов Горного Крыма. Установлено, что молодая популяция цирконов из песчаников таврической серии оврага Яман имеет возраст  $220.1 \pm 12.6$  млн. лет, а из тех же отложений южного берега Крыма —  $193.6 \pm 13.1$ ,  $167.1 \pm 12.1$ ,  $154.0 \pm 10.2$  млн. лет. Песчаники в самых низах демерджийской свиты на горе Южная Демерджи содержат среднеюрскую молодую популяцию цирконов ( $169.9 \pm 8.6$  млн. лет). Возраст молодой популяции цирконов из ченкской свиты в районе поселка Обсерватория соответствует началу средней юры ( $178.9 \pm 9.1$  млн. лет). Возраст остывания массива горы Кагель определен как  $149.0 \pm 10.9$  млн. лет. Во всех рассмотренных случаях возраст терригенных комплексов очень близок к возрасту содержащихся в них цирконов. Источником цирконов, по-видимому, были вулканические и/или магматические породы, формировавшиеся синхронно с накоплением терригенных комплексов в осадочном бассейне. Таким образом, полученные данные позволяют уточнить возраст триас-юрского магматизма в Горном Крыму и выделить три стадии магматизма: поздне триасовую (карнийскую?), слабо выраженную раннеюрскую и среднеюрскую (аален-батскую).

*Ключевые слова:* мезозой, циркон, трековое датирование, таврическая серия, яманская, ченкская, демерджийская свиты, магматизм, Крым.

### ВВЕДЕНИЕ

Развитие оборудования и методик геохронологических исследований, прежде всего определение возраста единичных зерен, позволило предложить новые подходы для изучения обломочных пород. Для датирования единичных обломочных зерен циркона нами применен трековый метод (fission-track dating) (например, Wagner, Van den Haute, 1992; Bernet, Garver, 2005; Соловьев, 2008). Анализ возрастов единичных обломочных цирконов из песчаников является мощным инструментом для определения областей сноса терригенного материала и тестирования региональных палеогеографических и палеогеодинамических реконструкций. На ряде региональных примеров также показано, что возраст самой молодой популяции цирконов в песчаниках, определенный трековым методом, близок ко времени седиментации терригенных толщ (Garver et al., 2000; Соловьев, 2008). При этом источником этих цирконов могут быть как продукты синхронного осадконакопления вулканизма (возраст кристаллизации), так и блоки более древних пород фундамента активной окраины, относительно быстро выведенные на поверхность с глубинных уровней (возраст остывания). Магматическая активность и быстрая эксгумация блоков характерны для геодинамически активных регионов, а для бассейнов терригенного осадконакопления в таких регионах

трековое датирование цирконов может считаться одним из важных методов определения возраста терригенных толщ (Соловьев, 2008).

Трековое датирование обломочного циркона впервые проведено для мезозойских терригенных комплексов Горного Крыма. Определен трековый возраст цирконов, выделенных из песчаников таврической серии (4 образца), демерджийской (1 образец) и ченкской свит (1 образец), а также цирконов из диоритовой интрузии горы Кагель. Полученные нами данные дают представление о трековом возрасте обломочных цирконов в мезозойских комплексах Горного Крыма и могут быть использованы при реконструкциях истории развития мезозойских осадочных бассейнов.

### МЕЗОЗОЙСКИЕ ТЕРРИГЕННЫЕ КОМПЛЕКСЫ ПОЛУОСТРОВА КРЫМ И РЕЗУЛЬТАТЫ ТРЕКОВОГО ДАТИРОВАНИЯ ЦИРКОНОВ

Крымский полуостров является хорошим региональным полигоном, в пределах которого широко развиты комплексы мезозойского осадочного палеобассейна, формировавшегося в условиях активной геодинамики. Выбор объекта определяется также неплохой обнаженностью, отсутствием поздних гранитоидов и удовлетворительно разработанной

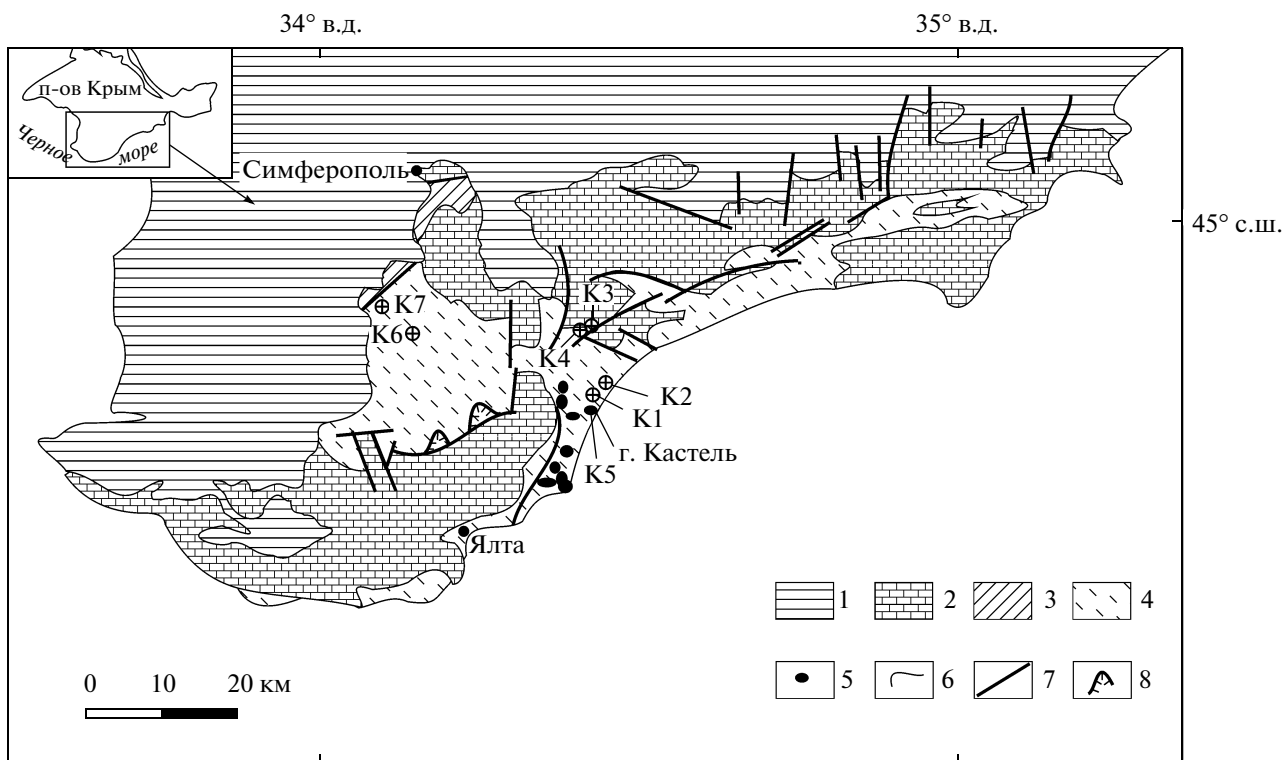


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Горного Крыма (Геологическое..., 1989).

1 – меловые–неогеновые отложения; 2 – верхнеюрские отложения; 3, 4 – среднетриасовый–среднеюрский крымский комплекс: 3 – эскиординская и карадагская серии, 4 – таврическая серия; 5 – байосские интрузивы; 6 – геологические границы; 7, 8 – разрывные нарушения: 7 – сбросово-взбросового типа, 8 – надвигового типа. К1, К2, К3, К4, К5, К6, К7 – места отбора проб для трекового датирования.

стратиграфией (Геологическое..., 1989; Цейслер и др., 1999; Юдин, 2000, 2001; Панов и др., 2001, 2004; Болотов и др., 2004). В то же время следует отметить сложное тектоническое строение триасо-среднеюрских отложений и порой значительную разницу в интерпретации одних и тех же геологических тел (в отношении как тектонической структуры, так и стратиграфического положения) разными исследователями. Методика детритовой термохронологии ранее успешно использовалась для мезозойских комплексов (Соловьев, 2008). Кроме того, Крымский полуостров в течение многих лет является геологическим полигоном, на котором проходят практические занятия студенты многих геологических вузов России, однако изученность именно триасово-юрских комплексов Крыма оставляет желать лучшего.

Мезозойские комплексы среднетриасового–среднеюрского возраста широко развиты в пределах Крымского полуострова (Геологическое..., 1989) (рис. 1). Таврическая серия значительно деформирована и занимает наиболее низкое структурное положение. Она представлена флишеидным переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов среднетриасового–среднеюрского возраста (Геологическое..., 1989; Юдин, 2000; Панов и др., 2001;

Mileev, Rozanov, 1995; Милеев и др., 2006). Нигде в Крыму не обнаружено видимое основание серии, не известны и соотношения с подстилающими толщами. Таврическая серия перекрывается со структурным несогласием на юге и востоке Качинского поднятия отложениями верхней юры, а на севере и западе – породами нижнего мела. Таврическая серия представлена проксимальными и дистальными турбидитами, формировавшимися в бассейне, разделявшем в поздне-триасовое–среднеюрское время Скифскую плиту и террейн Эвксиния (Mileev, Rozanov, 1995). Для разных районов Горного Крыма предложено различное деление таврической серии на свиты; нет единства и в делении таврической серии различными исследователями. Это связано преимущественно с ее сложным тектоническим строением и редкостью находок окаменелостей. В настоящей работе мы используем, с небольшими изменениями, расчленение таврической серии, предложенное Д.И. Пановым с соавторами (Панов и др., 2001).

В более высоких уровнях юры Крыма в пределах четырех структурно-фациальных зон были предложены последовательности свит, объединенных в восемь горизонтов (Пермяков и др., 1991). К сожалению, детальные описания разрезов свит и особен-

**Таблица.** Трековые возрасты обломочных цирконов из мезозойских комплексов полуострова Крым

Номер образца	Серия, место отбора пробы	Количество датированных зерен	Возраст популяций (млн. лет)		
			P1	P2	P3
K1	Таврическая, район г. Кагель (ЮБК)	40	193.6 ± 13.1 Nf = 30.2 W = 43%	586.6 ± 89.7 Nf = 9.8 W = 31%	—
K2	Таврическая, п. Лазурное (ЮБК)	30	154.0 ± 10.2 Nf = 14.5 W = 22%	527.4 ± 42.3 Nf = 15.5 W = 31%	—
K3	Демерджийская, г. Ю. Демерджи	45	169.9 ± 8.6 Nf = 36.5 W = 21%	320.8 ± 40.9 Nf = 5.3 W = 24%	689.6 ± 123.0 Nf = 3.2 W = 32%
K4	Таврическая, г. Ю. Демерджи	28	167.1 ± 12.1 Nf = 17.3 W = 25%	597.3 ± 73.0 Nf = 10.7 W = 39%	—
K6	Ченкская, п. Обсерватория	45	178.9 ± 9.1 Nf = 40.1 W = 23%	538.1 ± 94.3 Nf = 4.1 W = 34%	—
K7	Таврическая, овраг Яман	42	220.1 ± 12.6 Nf = 36.9 W = 27%	630.2 ± 121.8 Nf = 5.1 W = 39%	—

Примечание. Nf – количество зерен данной популяции, образующих пик. W – “ширина” пика, относительное стандартное отклонение пика, выраженное в процентах (Brandon, 2002). Ошибка определения возраста соответствует  $\pm 1\sigma$ . Цирконы датированы с использованием метода внешнего детектора (Hurford, Carter, 1991). Зерна циркона были впрессованы в пластинки FER Teflon<sup>MT</sup> размером 2 × 2 см. Для каждого образца готовили 2 пластинки. Пластинки обдирали на абразивном круге и затем полировали с использованием алмазных паст (9 и 1 мкм) и пасты Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.3 мкм на конечной стадии. Химическое травление пластинок производили составом NaOH–KOH при температуре 228°C в течение 15 ч (первая пластинка) и 30 ч (вторая пластинка). После травления пластинки были накрыты детектором (слюда с низким содержанием урана) и облучены в потоке тепловых нейтронов порядка  $2 \times 10^{15}$  нейтрон/см<sup>2</sup> (реактор Университета штата Орегон). Одновременно с образцами облучали возрастные стандарты для циркона (Фиш Каньон Туф (Fish Canyon Tuff – FCT) и Булак Туф (Buluk Tuff – BL)) и стеклодозиметр с известным содержанием урана (CN-5) (Hurford, 1998). При подсчете треков использовали микроскоп Olympus BH-P с автоматизированной системой и цифровой планшеткой, максимальное увеличение 1256, сухой метод. Z-фактор, вычисленный по 12 возрастным стандартам (7 образцов FCT, 5 образцов BL), равнялся  $310.66 \pm 6.47$  (Hurford, 1998).

ностей распределения в них окаменелостей (как и изображения последних) остаются весьма немногочисленными, что вкуче со сложной надвиговой структурой Горного Крыма (Милеев и др., 2009) не дает возможности выявить реальные взаимоотношения ряда выделенных стратонов.

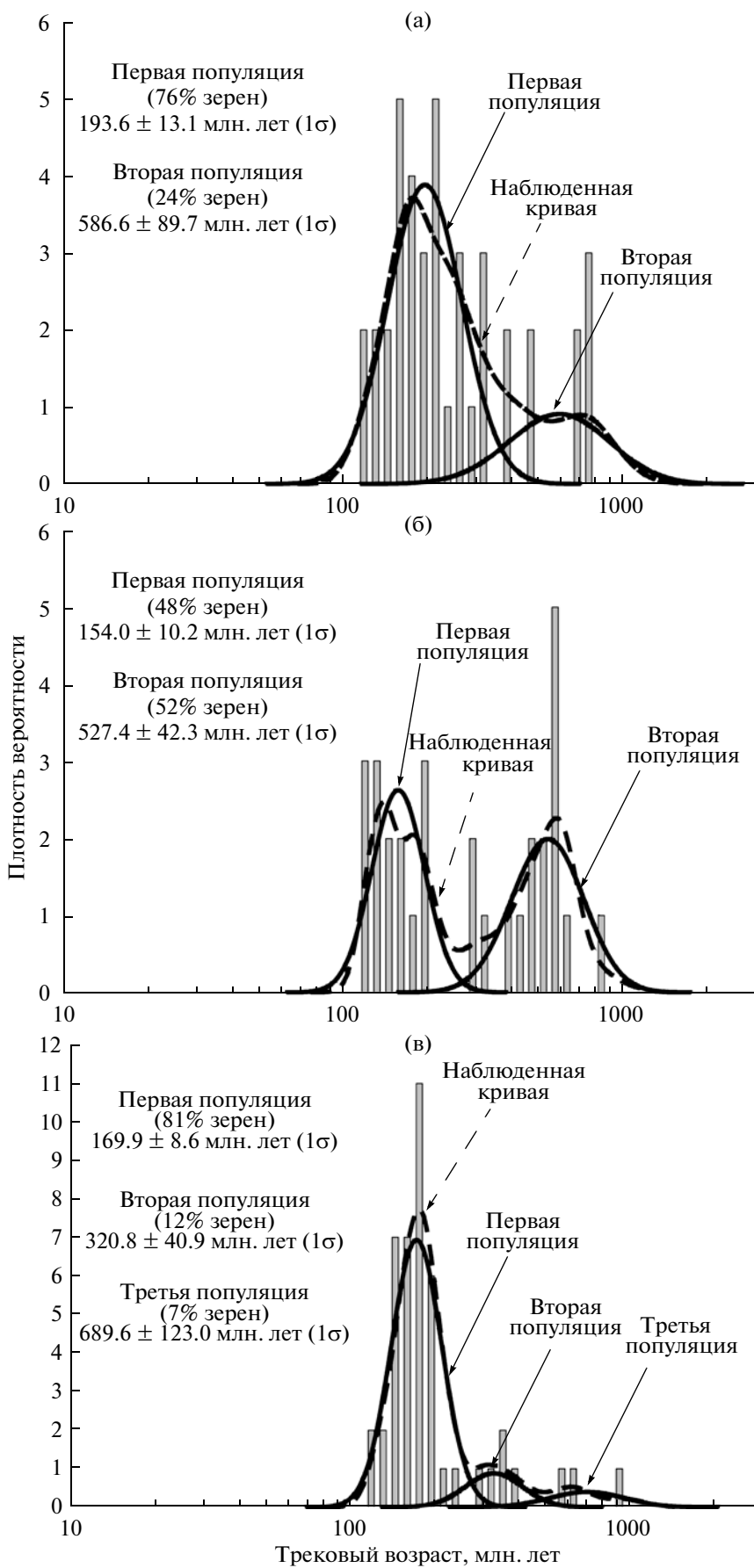
Пробы песчаников для изучения цирконов трековым методом были отобраны на южном берегу Крыма из таврической серии (яманская свита) и яйлинского горизонта (демерджийская свита, нижняя подсвита), а также в районе полигона геологическо-

го факультета МГУ из таврической серии (яманская и ченкская свиты).

Из каждого образца датировано от 28 до 40 зерен циркона (таблица). Для вычисления значений возраста отдельных зерен циркона использована программа Zetaage 4.7, разработанная М.Т. Брандоном, Йельский университет, США (Brandon, 1996, 2002). Возраст зерен во всех образцах распределен в широком интервале (таблица, рис. 2, 3), что позволяет предполагать присутствие нескольких разновозрастных популяций циркона. В большинстве образ-

**Рис. 2.** Графики распределения трековых возрастов зерен циркона.

(а) – обр. K1 (песчаник таврической серии), (б) – обр. K2 (песчаник таврической серии), (в) – обр. K3 (песчаник демерджийской свиты). Пунктирная линия – наблюдаемая кривая, сплошная линия – популяции, разделенные программой BinomFit 1.8 (Brandon, 2002). Шкала времени показана в логарифмическом масштабе.



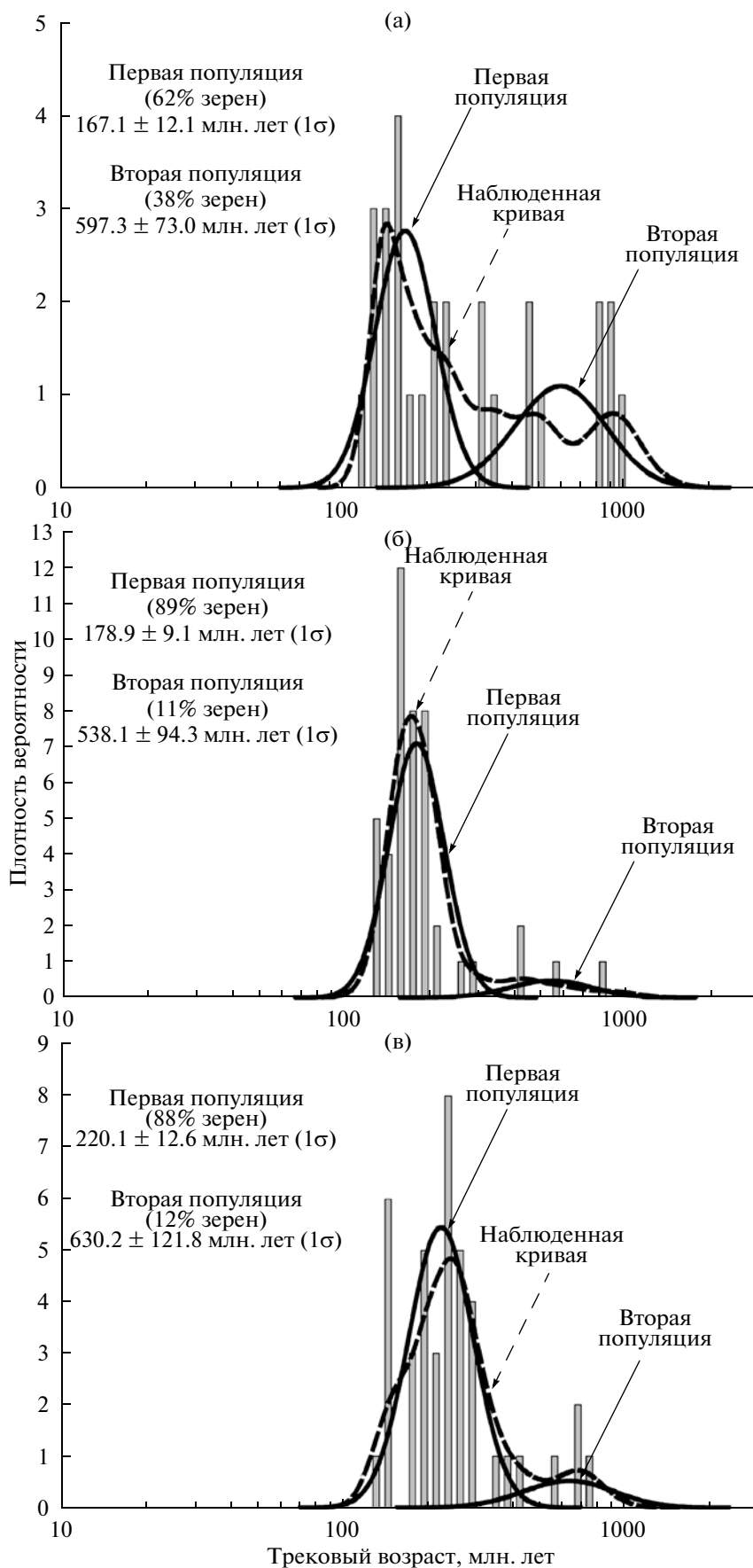


Рис. 3. Графики распределения трековых возрастов зерен циркона.

(а) – обр. К4 (песчаник таврической свиты), (б) – обр. К6 (песчаник ченкской свиты), (в) – обр. К7 (песчаник таврической свиты). Пунктирная линия – наблюдаемая кривая, сплошная линия – популяции, разделенные программой BinomFit 1.8 (Brandon, 2002). Шкала времени показана в логарифмическом масштабе.

цов присутствует две популяции цирконов (обр. К1, К2, К4, К6, К7), в песчанике из демерджийской свиты – три популяции (обр. К3). Это позволяет предполагать, что песчаники после накопления не нагревались выше температуры закрытия трековой системы в цирконе (215–240°C), и возрасты цирконов отражают время их остывания в источниках сноса.

Возраст молодой популяции цирконов может рассматриваться как нижний предел возраста осадконакопления терригенных отложений. Проведен тест данных на зависимость трековых возрастов от высоты отбора проб. Корреляции между возрастом и высотой отбора пробы не установлено (рис. 4).

Вероятнее всего, возраст молодой популяции цирконов близок к возрасту осадконакопления терригенных отложений. По данным трекового датирования возраст молодой популяции цирконов из песчаников таврической серии (яманская свита<sup>1</sup>) оврага Яман соответствует позднему триасу ( $220.1 \pm 12.6$  млн. лет), а из тех же отложений на южном берегу Крыма значительно моложе – от ранней юры до конца средней/начала поздней юры ( $193.6 \pm 13.1$ ,  $167.1 \pm 12.1$ ,  $154.0 \pm 10.2$  млн. лет). Возраст молодой популяции цирконов из ченкской свиты в районе поселка Обсерватория соответствует концу ранней юры–началу средней юры ( $178.9 \pm 9.1$  млн. лет). Песчаники в самых низах демерджийской свиты на горе Южная Демерджи содержат среднеюрскую молодую популяцию цирконов ( $169.9 \pm 8.6$  млн. лет).

### ТРЕКОВЫЙ ВОЗРАСТ ЦИРКОНА ИЗ МАССИВА ГОРЫ КАСТЕЛЬ

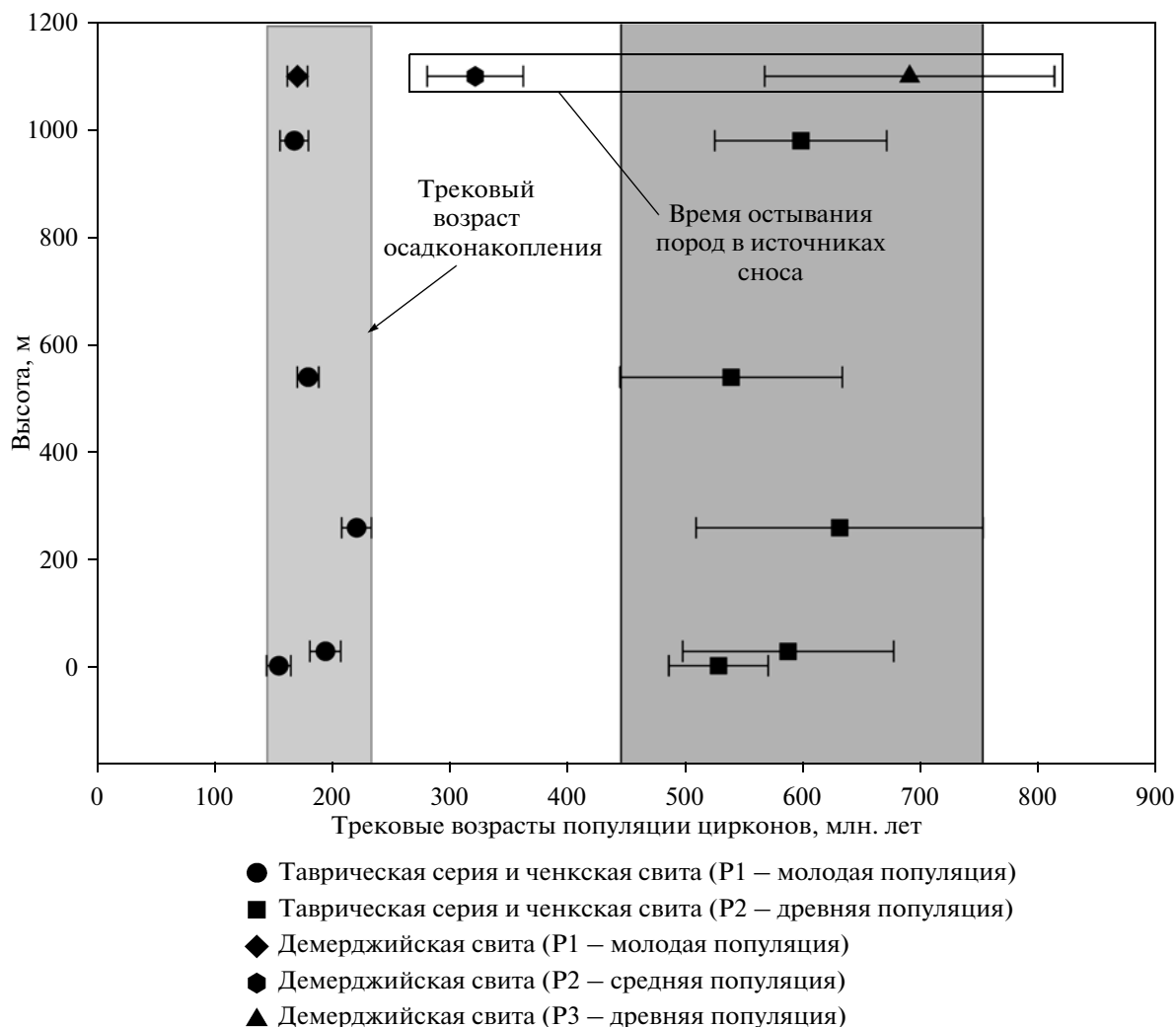
Из образца диорита (К5), отобранного в массиве горы Кабель, выделены идиоморфные цирконы. Методом трекового датирования определен возраст по 20 зернам ( $\chi^2$  тест положителен) –  $149.0 \pm 10.9$  млн. лет (рис. 5), что соответствует поздней юре. Однако по существующим представлениям диориты горы Кабель – среднеюрские (байос-раннебабские). По-видимому, полученный трековый возраст отражает время остывания массива ниже температуры закрытия трековой системы в цирконе, соответствующей 215–240°C (Brandon, Vance, 1992).

<sup>1</sup> Вслед за В.М. Цейслером с коллегами (Цейслер и др., 1999), мы используем названия “яманская” и “усть-мендерская” свиты вместо “верхнетаврическая” и “нижнетаврическая” свиты соответственно.

### ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные данные позволяют уточнить датировки мезозойских (триас-юрских) магматических образований и части осадочных комплексов в Крыму. Наиболее древние из полученных датировок ( $220.1 \pm 12.6$  млн. лет, овраг Яман, яманская свита) соответствуют концу среднего триаса–позднему триасу (Gradstein et al., 2008). Проявления триасового магматизма в Крыму отмечали и ранее. В настоящее время считается, что к нему, безусловно, можно отнести низкощелочные флюидальные риолиты и дациты и их туфы, залегающие в ассоциации с флишеидными породами кичикской толщи и рассматривающиеся как элементы островодужной ассоциации (Спиридонов и др., 1990а). К триасовым магматическим образованиям также относили силлы, распространенные в верховьях р. Бодрак внутри таврической серии (Лебединский, 1962; Багдасарян, Лебединский, 1967), однако в дальнейшем было показано (Заика-Новацкий, 1981; Мудренко и др., 1983), что их внедрение произошло уже после завершения складчатости. Следы триасовой магматической деятельности фиксируются также в Степном Крыму, где у села Северного известны кварцевые долериты и кварцевые диориты возраста 210 млн. лет (Спиридонов и др., 1990а).

Позднетриасовый (?)–среднеюрский возраст цирконов из таврической серии ( $193.6 \pm 13.1$ ,  $167.1 \pm 12.1$ ,  $154.0 \pm 10.2$  млн. лет) в целом отвечает интервалу ее формирования, за исключением самого молодого из полученных возрастов, который соответствует поздней юре ( $154 \pm 10.2$  млн. лет), но, учитывая ошибку определения, может относиться и к средней юре. Это позволяет предположить, что, хотя наиболее молодые части таврической серии по палеонтологическим данным не выходят за пределы низов средней юры, местами накопление этих отложений могло продолжаться значительно дольше, по крайней мере до конца средней юры. Следует отметить, что полученные датировки в какой-то мере могут служить указанием на возможное проявление в Крыму раннеюрского магматизма. Хотя его присутствие признавалось рядом исследователей (Лебединский, Шалимов, 1967; Лебединский, 1969), в дальнейшем распространилось мнение, что достоверных данных о раннеюрском магматизме Крыма нет (Мудренко и др., 1982; Спиридонов и др., 1990а). Только недавно были получены новые сведения, которые подтверждают проявление раннеюрского (позднеплинсбахского–раннететарского) магматизма в Крыму (Стафеев и др., 2009). При наличии среднеюрских цирконов, по всей видимо-



**Рис. 4.** Зависимость трековых возрастов цирконов от высоты отбора проб (данные по таврической серии, демерджийской и ченкской свитам полуострова Крым).

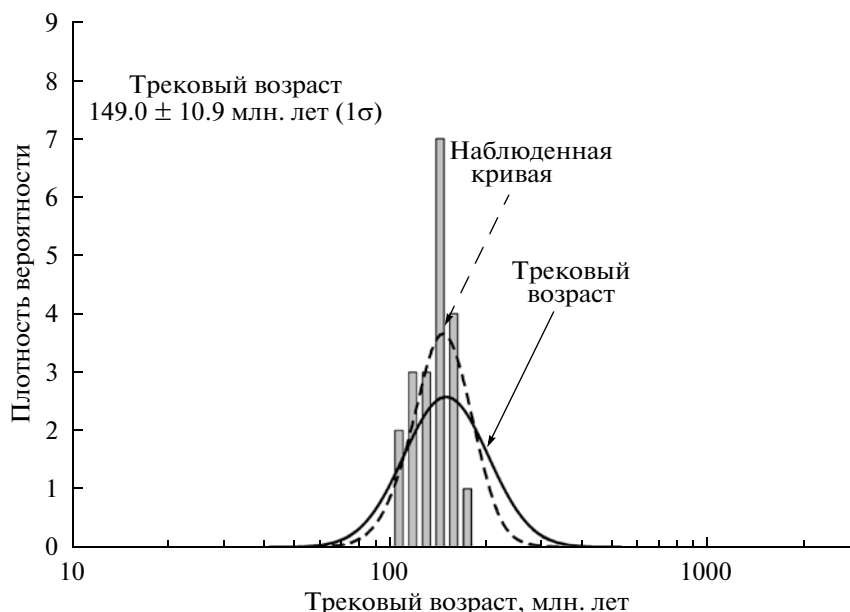
Горизонтальные линии возле возрастов отражают ошибки определения ( $\pm 1\sigma$ ).

сти, можно объяснить частичным перекрытием времени формирования таврической серии и начала активного среднеюрского вулканизма. Со средней юрой (байос) также можно связать образование цирконов, выделенных из песчаников демерджийской свиты горы Южная Демерджи ( $169.9 \pm 8.6$  млн. лет). По палеонтологическим данным нижняя подсвита демерджийской свиты, откуда были отобраны пробы, имеет средне-позднеоксфордский возраст (Пермяков и др., 1991).

Возраст популяции цирконов из ченкской свиты ( $178.9 \pm 9.1$  млн. лет), отвечающий концу ранней-началу средней юры, также не соответствует традиционным представлениям о ее стратиграфическом положении. Первоначально (Панов и др., 1978) сообщалось о находках триасовых двустворчатых моллюсков *Monotis*, а также триасовых брахиопод из

ченкской свиты, однако в дальнейшем, видимо, эти находки были отнесены к другим свитам и возраст ченкской свиты определялся по стратиграфическому положению между ниже- и верхнетаврической свитами (Панов и др., 2001). Полученные данные позволяют предполагать, что контакт между ченкской и яманской (нижне- и верхнетаврической) свитами может являться тектоническим, при этом первая может рассматриваться в качестве аналога тоар-байосской битакской свиты, в составе которой преобладают песчаники и конгломераты (Пермяков и др., 1991).

Возраст цирконов из образца диорита, отобранного в массиве г. Кабель ( $149.0 \pm 10.9$  млн. лет), отвечает поздней юре, тогда как по результатам датирования пород данного массива К-Аг методом был получен возраст 160–170 млн. лет (Багдасарян,



**Рис. 5.** График распределения трековых возрастов зерен циркона в образце К5 (диорит массива горы Кабель). Пунктирная линия — наблюдаемая кривая, сплошная линия — одна популяция. Шкала времени показана в логарифмическом масштабе.

Лебединский, 1967; Спиридонов и др., 19906). Со среднеюрским возрастом данного массива также хорошо согласуется присутствие галек кабельского комплекса в верхнеюрских (средне-верхнеоксфордских) конгломератах горы Демерджи и окрестностей Балаклавы. Как уже указывалось выше, полученный трековый возраст, судя по всему, отражает время остывания массива ниже температуры ~200°С.

### ВЫВОДЫ

1. Трековое датирование обломочных цирконов из мезозойских терригенных комплексов Горного Крыма показало, что молодая популяция цирконов из песчаников таврической серии оврага Яман имеет возраст  $220.1 \pm 12.6$  млн. лет, а из тех же отложений южного берега Крыма —  $193.6 \pm 13.1$ ,  $167.1 \pm 12.1$ ,  $154.0 \pm 10.2$  млн. лет, что в целом отвечает интервалу формирования таврической серии. Песчаники в самых низах демерджийской свиты на горе Южная Демерджи содержат среднеюрскую молодую популяцию цирконов ( $169.9 \pm 8.6$  млн. лет). Возраст молодой популяции цирконов из ченкской свиты в районе поселка Обсерватория соответствует началу средней юры ( $178.9 \pm 9.1$  млн. лет).

2. Результаты трекового датирования позволяют увеличить временной диапазон таврической серии, расширив ее верхний предел до конца средней юры. Датирование цирконов из ченкской свиты дает основание считать ее более молодой, чем традиционно предполагалось, а ее контакт с яманской свитой

рассматривать как тектонический, а не стратиграфический.

3. Возраст терригенных комплексов полуострова Крым очень близок к возрасту содержащихся в них цирконов. Источником цирконов, по-видимому, были вулканические и/или магматические породы, формировавшиеся синхронно с накоплением терригенных комплексов в осадочном бассейне. Таким образом, полученные данные позволяют уточнить возраст триас-юрского магматизма в Горном Крыму и выделить три стадии магматизма: поздне триасовую (карнийскую?), слабо выраженную раннеюрскую и среднеюрскую (аален-батскую).

Авторы признательны профессору Дж.И. Гарверу (Юнион Колледж, США) за оказанное содействие.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ МД-2721.2008.5, Программ № 4 и № 6 фундаментальных исследований ОНЗ РАН и Фонда содействия отечественной науке.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Багдасарян Г.П., Лебединский В.И. Новые данные об абсолютном возрасте магматических пород Горного Крыма // Докл. АН СССР. 1967. Т. 173. № 1. С. 149–152.

Болотов С.Н., Панов Д.И., Ярошенко О.П. Новые данные о палинологической характеристике триасовых и лейасовых отложений бассейна р. Бодрак (Крым) // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2004. Т. 79. Вып. 3. С. 13–19.

Геологическое строение Качинского поднятия Горного Крыма. Стратиграфия мезозоя. М.: Изд-во МГУ, 1989. 168 с.



- Заика-Новацкий В.С.* О возрасте вулканитов Крымско-го предгорья // Тектоника и стратиграфия. 1981. Вып. 21. С. 70–76.
- Лебединский В.И.* Пластовые интрузии в таврической серии и их роль в геологической истории Горного Крыма // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1962. № 4. С. 32–39.
- Лебединский В.И.* Нижнеюрский вулканизм // Геология СССР. Т. VIII. Крым. Часть I. Геологическое описание. Ред. Муратов М.В. М.: Недра, 1969. С. 304–306.
- Лебединский В.И., Шалимов А.И.* Магматические проявления в структуре и геологической истории Горного Крыма // Сов. геология. 1967. № 2. С. 82–97.
- Милеев В.С., Розанов С.Б., Барабошкин Е.Ю., Рогов М.А.* Киммерийская и альпийская тектоника Горного Крыма // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2006. Т. 81. Вып. 3. С. 22–33.
- Милеев В.С., Барабошкин Е.Ю., Розанов С.Б., Рогов М.А.* Тектоника и геодинамическая эволюция Горного Крыма // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2009. Т. 84. Вып. 3. С. 3–22.
- Мудренко С.В., Печников В.А., Самсоненко В.Л.* Гипабиссальные и субвулканические образования Бодракско-Салгирской зоны (Предгорный Крым) // Региональная геология некоторых районов СССР. 1983. Вып. 6. С. 18–23.
- Панов Д.И., Бурканов Е.И., Гайдук В.В. и др.* Новые данные по геологии триасовых и нижнеюрских отложений в междуречье Марты и Бодрака (юго-западная часть Горного Крыма) // Вестн. МГУ. Сер. геол. 1978. № 1. С. 47–55.
- Панов Д.И., Болотов С.Н., Никишин А.М.* Схема стратиграфического расчленения триасовых и нижнеюрских отложений Горного Крыма // Геодинамика и нефтегазовые системы Черноморско-Каспийского региона. Симферополь, 2001. С. 127–134.
- Панов Д.И., Болотов С.Н., Самарин Е.Н., Гостев М.Ю.* Перерывы в разрезе триасово-юрских отложений Горного Крыма и их историко-геологическое значение // Вестник Московского университета. Сер. 4. Геология. 2004. № 2. С. 21–31.
- Пермяков В.В., Пермякова М.Н., Чайковский Б.П.* Новая схема стратиграфии юрских отложений Горного Крыма. Киев: Ин-т геол. наук, 1991. 36 с.
- Соловьев А.В.* Изучение тектонических процессов в областях конвергенции литосферных плит: методы трекового датирования и структурного анализа. М.: Наука, 2008. 319 с. (Тр. ГИН РАН. Вып. 577).
- Спиридонов Э.М., Федоров Т.О., Ряховский В.М.* Магматические образования Горного Крыма. Статья 1 // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1990а. Т. 65. Вып. 4. С. 119–133.
- Спиридонов Э.М., Федоров Т.О., Ряховский В.М.* Магматические образования Горного Крыма. Статья 2 // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1990б. Т. 65. Вып. 6. С. 102–112.
- Стафеев А.Н., Смирнова С.Б., Косоруков В.Л. и др.* Стратиграфия нижней и средней юры Лозовской зоны Горного Крыма по палинологическим данным и минералогии глин // Материалы 3-й Всероссийской конференции “Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии”. Саратов, 2009 (в печати).
- Цейслер В.М., Караулов В.Б., Туров А.В., Комаров В.Н.* О местных стратиграфических подразделениях в восточной части Бахчисарайского района Крыма // Известия вузов. Геология и разведка. 1999. № 6. С. 8–18.
- Юдин В.В.* Геология Крыма на основе геодинамики (научно-методическое пособие для учебной геологической практики). Сыктывкар, 2000. 43 с.
- Юдин В.В.* Геологическое строение Крыма на основе актуалистической геодинамики // Приложение к научно-практическому дискуссионно-аналитическому сборнику “Вопросы развития Крыма”. Симферополь, 2001. 47 с.
- Bernet M., Garver J.I.* Fission-track analysis of detrital zircon // Rev. Mineral. Geochem. 2005. V. 58. P. 205–238.
- Brandon M.T.* Probability density plot for fission-track grain-age samples // Radiation Measurements. 1996. V. 26. № 5. P. 663–676.
- Brandon M.T.* Decomposition of mixed grain-age distributions using BINOMFIT // On Track. 2002. V. 24. P. 13–18.
- Brandon M.T., Vance J.A.* Tectonic evolution of the Cenozoic Olympic subduction complex, western Washington State, as deduced from fission track ages for detrital zircon // Amer. J. Sci. 1992. V. 292. P. 565–636.
- Garver J.I., Soloviev A.V., Bullen M.E., Brandon M.T.* Towards a more complete record of magmatism and exhumation in continental arcs, using detrital fission-track thermochrometry // Physics and chemistry of the Earth, Part A: Solid Earth and Geodesy. 2000. V. 25. № 6–7. P. 565–570.
- Gradstein F.M., Ogg J.G., Van Kranendonk M.* On the Geologic Time Scale 2008 // Newsl. Stratigr. 2008. V. 43. № 1. P. 5–13.
- Hurford A.J.* Zeta: the ultimate solution to fission-track analysis calibration or just an interim measure? // Advances in Fission-Track Geochronology. Dordrecht: Kluwer, 1998. P. 19–32.
- Hurford A.J., Carter A.* The role of fission track dating in discrimination of provenance // Developments in Sedimentary Provenance Studies. Eds. Morton A.C., Todd S.P., Haughton P.D.W. Geol. Soc. London Spec. Publ. 1991. V. 57. P. 67–78.
- Mileev V.S., Rozanov S.B.* The structure and tectonic evolution of the mountain Crimea // 5<sup>th</sup> Zonenshain conference on plate tectonics. Program and abstracts. 1995. P. 81.
- Wagner G. A., Van den Haute P.* Fission-Track Dating. Dordrecht: Kluwer, 1992. 285 p.

Рецензент Е.В. Бибикина