

УДК 56:581 (235.21)

Фортуна А.Б., Григина О.М.
Институт сейсмологии НАН КР,
Бишкек, Кыргызстан

ЛИХЕНОИНДЕКСАЦИЯ – ОДИН ИЗ СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗРАСТА ПАЛЕОСЕЙСМОДИСЛОКАЦИЙ

Аннотация. Рассматривается метод лихенометрии с целью определения возраста обвалов (Беловодского, Каиндинского, Ананьевского), образовавшихся в результате сейсмособытий.

Ключевые слова: Северный Тянь-Шань, сейсмодислокация, лихенометрия, лишайник, возраст.

ЛИХЕНОИНДЕКСАЦИЯ – ПАЛЕОСЕЙСМОДИСЛОКАЦИЯ- ЛАРДЫН КУРАГЫН АНЫКТОО ЫКМАЛАРЫНЫН БИРИ

Кыскача мазмуну. Сейсоокуялардын жыйынтыгында пайда болгон кулап калуулардын (Беловодск, Кайыңды, Ананьево) курагын аныктоо максаты менен лихенометрия методу караштырылат.

Негизги сөздөр: Түндүк Тянь-Шань, сейсмодислокация, лихенометрия, энилчек, курагы.

LICHENOINDICATION IS ONE OF THE WAYS OF AGE DETERMINATION FOR THE PALEOSEISMIC DISLOCATIONS

Abstract. The method of lichenometry to determine age of landslides (Belovodsk, Kaindinski, Anan), formed as result of seismostable.

Keywords: Northern Tien Shan, seismic dislocation, lichenometry, lichen, age.

Освоение новых территорий, строительство больших энергетических, промышленных и социально-жилищных объектов требуют весьма тщательной оценки сейсмической опасности. Эта оценка может быть обоснована на фактах проявления в том или ином месте сейсмических событий, их повторяемости и опирается она на более полные исходные данные о землетрясениях за возможно большой срок, т.е. с учётом древних землетрясений. Для выявления мест возникновения и определения сильных землетрясений прошлого широкое распространение получил палеосейсмогеологический метод, основанный на изучении остаточных нарушений земной поверхности - палеосейсмодислокаций [9, 12, 16]. В настоящее время накопился большой материал, свидетельствующий о широком распространении следов палеоземлетрясений на территории Кыргызского Тянь-Шаня [1, 2, 4, 5, 7, 10, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22]. Их изучение позволяет подойти к определению эпицентральных зон, магнитуды и возраста древних катастрофических событий и, таким образом, уточнить сейсмическую опасность на той или иной территории.

В последние годы исследователи для индексации возраста сейсмособытия стали применять более простой и сравнительно дешёвый метод «лихенометрии», который был разработан канадским ботаником Роландом Бешелем для определения возраста ледниковых отложений в Гренландии [25]. Данный метод позволяет определить возраст постсейсмического образования по размерам растущих на его поверхности лишайников, т.е. в основе метода лежит зависимость диаметра лишайника от возраста поверхности, на которой он поселяется. Однако, при датировании сейсмических

палеособытий методом лихеиндексации исследователи столкнулись с рядом его изъянов: например, зависимость скорости роста от влажности воздуха в районе исследований, или самый крупный лишайник может быть не самым старым и другие. Чтобы повысить точность и надёжность получаемых результатов, данный метод был несколько усовершенствован [11, 15, 23, 24]. Модель расчёта стала определяться пятью параметрами: возрастом, скоростью роста, разбросом значений диаметра одновозрастных лишайников, параметром, характеризующим замедление скорости роста, параметром, характеризующим измерение числа лишайников.

В Средней Азии впервые метод лихенометрии был использован А.А. Никоновым и Т.Ю. Шебалиной [13] при изучении 9-10-балльного Хаитского землетрясения 1949 года. Полученный ими материал позволил сделать вывод, что эпицентральной зона данного землетрясения задолго до него подвергалась почти такому же по интенсивности сейсмособытию. При исследовании сейсмодислокаций 9-балльного землетрясения Каратагского землетрясения 1907 г. (южный склон Гиссарского хребта) результаты лихенометрии подтвердили, что часть этих образований связана с данным землетрясением, а другая часть сейсмодислокаций имела более древний возраст. Эти разрушения горных пород были результатом другого сильного землетрясения, которое произошло в западной части Гиссарского хребта в 1863 г. (или землетрясения, случившегося 210-300 лет назад), т.е., они «продукт» сейсмодислокации, которая была задолго до события 1907 г.

В эпицентральной зоне 8-9-балльных Арганкульских землетрясений 1934-1935 гг. (южный склон хребта Петра I) наряду с сейсмодислокациями, вызванными данными сейсмособытиями, исследователями лихеиндексацией были датированы древние обвалы и оползневый склон – возраст их образования определён в 220-430 лет и более 600 лет назад [23].

В Кыргызстане определение возраста обвалов и свалов, связанных с землетрясениями, методом лихенометрии провела О.М. Григина [6], которая отметила перспективность данного метода для индексации времени сейсмообразований.

Так как в качестве индикатора возраста палеосейсмодислокаций используются лишайники, то перед тем, как приступить к определению их возраста, необходимо провести работы по выяснению скорости роста распространённых лишайников на срывах пород в исследуемом регионе, где имеется точная дата землетрясения, в результате которого эти срывы образовались. Это связано с тем, что скорость роста одних и тех же видов лишайников зависит от климата, субстрата и других местных условий (например, нельзя воспользоваться данными Таджикистана для Северного Тянь-Шаня).

С целью перспективы применения метода лихенометрии в Северном Тянь-Шане были проведены замеры диаметров лишайников *Leconora muralis* и *Acorospora bochlini* (определения Н.Э.Байбулатовой), широко распространённых на породах Беловодского, Ананьевского и Каиндинского обвалов, образовавшихся в результате известных по времени землетрясений.

Беловодский обвал относится к Джаламыш-Сокулукскому участку остаточных деформаций и приурочен к Аксуйскому сейсмоузлу [2, 4, 7, 17]. Сейсмодислокация образовалась в девон-карбоновых гранитоидных породах в результате 9-балльного Беловодского землетрясения 1885 г. Огромная масса обломочного материала откололась и сползла, перекрыла долину р. Бурли (правый приток р. Сокулук) и перекинулась на противоположный борт долины, перекрыв верхнеплейстоценовые террасы. Длина свала около 2000 м, ширина 500 м, средняя мощность 20-33 м [21]. Размер обломков в основном от 20 см до 1 м в диаметре, редко – до 5 м; на уступе встречаются глыбы в 10 м. На теле завала растёт древовидная арча, кустарники, травянистый покров степного облика. Замеры диаметра лишайников проведены на 4

участках обвала (южном - на высоте 1800 м, северном – 1800 м, центральном – 1750 м, уступе – 2000 м) и конусе выноса (2200 м), расположенном на правом борту долины р. Сокулук в 1 км ниже впадения р. Ашу-Тор. На каждом участке делалось не менее 100 замеров «среднего диаметра» (полусумма максимального и минимального) одного вида.

Лишайник *Leconora muralis* (рисунок 1) имеет округлую форму слоевища, бледно-зелёную окраску и хорошо выраженную апотецию. *Acorospora bochlini* (рисунок 2) – тёмно-коричневую, почти чёрную, форма тела для измерения хорошая, но размеры этого лишайника уступают первому. Кроме того, на завале встречены *Gasparinia elegans* - оранжевого цвета, *Leconora frustulosa*, *L. subradiosa*, *Parmilia pulla*, *Acorospora sp.* и другие виды лишайников.

Наибольшее количество лишайников приурочено к поверхности северной экспозиции, здесь они имеют и наибольшие размеры. Лихенометрические характеристики исследуемых лишайников приведены в таблицах 1 и 2. За более чем 100 лет *Leconora muralis* на обвале достиг максимального размера 160 мм, прирост – 1,5 мм/год; *Acorospora bochlini* соответственно - 78 мм и 0.7 мм/год.

Лихенометрическая характеристика лишайника *Leconora muralis* на глыбах Беловодского обвала 1885 г. и конуса выноса на правом борту долины р. Сокулук

Таблица 1

№ п/п	Характеристика объекта исследования	Высота (Н) в метрах	Объём выборки	Статистическая характеристика в мм (верхнее значение) и прирост лишайника (нижнее значение)			Год события
				X ср.	X _x >100	X max	
1.	Глыбы с южной части обвала, перекрывшего русло реки Бурли у подпрудного озера.	1800	100	$\frac{84.0}{0.7}$	$\frac{107.0}{1.1}$	$\frac{160.5}{1.5}$	1885
2.	Глыбы с центральной наиболее прогнутой части обвала.	1750	100	$\frac{89.68}{0.8}$	$\frac{120.0}{1.1}$	$\frac{160.0}{1.5}$	1885
3.	Глыбы с северной части обвала.	1800	100	$\frac{91.6}{0.8}$	$\frac{121.2}{1.1}$	$\frac{180.0}{1.6}$	1885
4.	Глыбы с уступа, образовавшегося в результате оседания.	2000	100	$\frac{88.7}{0.8}$	$\frac{120.0}{1.1}$	$\frac{170.0}{1.6}$	1885
5.	Изменение прироста лишайника на 100 м высоты.			0.02	0.07	0.22	
6.	Глыбы, валуны конуса выноса на правом борту долины реки Сокулук в 1 км от устья сая Ашу-Тор.	2200	100	$\frac{89.5}{0.84}$	$\frac{156.2}{1.2}$	$\frac{230.0}{2.0}$	1872± 20

Xср. – среднеарифметическое значение диаметров всех экземпляров,

X_x - среднеарифметическое значение диаметров наиболее крупных экземпляров - более 100 мм,

X_{max} – диаметр самого крупного экземпляра.

Лихенометрическая характеристика лишайника *Acorospora bochlini* на глыбах Беловодского обвала 1885 г. и конуса выноса на правом борту долины р. Сокулук

Таблица 2

№ п/п	Характеристика объектов исследования	Высота (Н) в метрах	Объём выборки	Статистическая характеристика в мм (верхнее значение) и прирост лишайника (нижнее значение)			Год события
				Хср.	Хх ≥ 50	Х max	
1.	Глыбы с южной части обвала, перекрывшего русло р. Бурли у подпрудного озера.	1800	100	$\frac{53.1}{0.5}$	$\frac{62.7}{0.6}$	$\frac{78.5}{0.7}$	1885
2.	Глыбы центральной части обвала наиболее прогнутой части.	1750	100	$\frac{43.2}{0.4}$	$\frac{61.5}{0.5}$	$\frac{77.5}{0.7}$	1885
3.	Глыбы с северной части обвала.	1800	100	$\frac{40.0}{0.4}$	$\frac{55.1}{0.5}$	$\frac{65.0}{0.6}$	1885
4.	Глыбы с уступа, образовавшегося в результате скалывания и оседания.	2000	100	$\frac{63.2}{0.6}$	$\frac{63.5}{0.6}$	$\frac{83.2}{0.7}$	1885
5.	Изменение прироста лишайника на 100 м высоты.			0.02	0.04	0.04	
6.	Глыбы, валуны конуса выноса на правом борту долины реки Сокулук в 1 км от устья сая Ашу-Тор.	2200	100	$\frac{65.1}{0.7}$	$\frac{69.2}{0.7}$	$\frac{85.0}{0.8}$	1891± 30

Ананьевский (или Семёновский) обвал расположен на южном склоне хребта Кунгей Ала-Тоо между ручьями Тегирменты и Байсорун в 2 км севернее села Кок-Тюбе; относится к Чонаксуу-Аксууйскому участку сейсмодислокаций Северо-Иссыкульского региона [7, 22]. Он приурочен к Южно-Аксууйскому разлому и представляет собой срыв коренных гранитоидных пород (Иссыкульская глыба), сопровождавшийся гравитационным смещением. Сейсмодислокация связана с 10-11-балльным Кеминским (Кебинским) землетрясением 1911 г. [3]. Тело завала перекрывает верхнеплейстоценовую террасу. Размеры обломков, представленные серыми гранитами, самые разнообразные, максимум - 10 м и более. Диаметр воронки отрыва до 100 м, такая же ширина обвальной массы при её длине в 1500 м. Высота завала 200 м, крутизна склона около 30° [8]. Поверхность глыб подвергнута сильному разрушению, лишайники, поселившиеся на них, в основном тоже разрушены.

На обломках широко распространены лишайники *Leconora muralis* и *Gasparia elegans* (рисунок 3). Последний имеет неправильную форму, размеры мелкие, тела сильно подвержены разрушению, поэтому для лихенометрии этот вид оказался непригодным. Вид *Acorospora bochlini* на обвале распространён ограниченно, поэтому достаточное для статистики количество экземпляров не обнаружено ни на одном участке обвала. Наибольшее количество экземпляров – 88 штук, обнаружено на фронтальной части обвала.

Лихенометрическая характеристика лишайников на Ананьевском обвале приведена в таблице 3. Скорость роста лишайника *Leconora muralis* по среднему диаметру составляет 0.8 мм/год, по крупному – 1.3 мм/год, по максимальному – 1.6 мм/год. Сравнивая скорости роста лишайника *Leconora muralis* на южном склоне Кунгей Ала-Тоо – Ананьевском завале, и на северном склоне Киргизского хребта – Беловодском завале, видно, что на первом она больше. Такая же картина получается при сравнении скорости роста лишайника *Acorospora bochlini*, т.е. климатические условия Иссык-Кульского региона оказались более благоприятными для роста лишайников, чем в Чуйском регионе.

Лихенометрическая характеристика лишайника *Leconora muralis* (1-4) и *Acorospora bochlini* (5) на глыбах Ананьевского обвала 1911 г.

Таблица 3

№ п/п	Характеристика объектов исследования	Высота (Н) в метрах	Объект выборки	Статистическая характеристика в мм (верхнее значение) и прирост диаметра (нижнее значение)			Год события
				X ср.	X _x ≥100	X _{max}	
1.	Глыбы фронтальной части обвала.	2000	100	$\frac{73.4}{0.9}$	$\frac{118.0}{1.4}$	$\frac{172.5}{1.7}$	1911
2.	Глыбы восточной части обвала.	2100	100	$\frac{71.5}{0.8}$	$\frac{109.5}{1.3}$	$\frac{130.0}{1.6}$	1911
3.	Глыбы и валуны с центральной части обвала.	1950	100	$\frac{59.1}{0.7}$	$\frac{113.0}{1.4}$	$\frac{133.5}{1.6}$	1911
4.	Изменение прироста лишайников на 100 м высоты.			0.07	0.06	0.06	
5.	Глыбы с фронтальной части обвала.	2000	88	$\frac{47.9}{0.5}$	$\frac{107.5}{1.3}$	$\frac{113.0}{1.4}$	1911

Каиндинский обвал находится на северном склоне Кунгей Ала-Тоо по долине р. Орто-Каинды, выше слияния рек Кокджар и Джидашкир. Он образовался во время землетрясения 1911 г. [3]. Обвал в коренных породах шириной 400-500м, стенка отрыва 100 м, крутизна склона 34°. Тело завала - бугристое, заросшее еловым лесом. В таблице 5 приведена характеристика исследуемых лишайников: скорость роста по средним диаметрам *Leconora muralis* - 0.5 мм/год, а *Acorospora bochlini* – 0.3 мм/год, по максимально крупным экземплярам соответственно 0.9 и 0.7 мм/год.

Лихенометрическая характеристика лишайников с западной части Каиндинского обвала 1911 г.

Таблица 4

Вид лишайника	Высота (Н) в метрах	Объём выборки	Статистическая характеристика в мм (верхнее значение) и прирост лишайника (нижнее значение)			Год события
			X ср.	X _x ≥ 100	X _{max} .	
<i>Leconora muralis</i>	2200	100	$\frac{41.3}{0.5}$	—	$\frac{79.0}{0.9}$	1911

<i>Acorospora bochlini</i>	2200	88	$\frac{26.9}{0.3}$	—	$\frac{58.0}{0.7}$	1911
----------------------------	------	----	--------------------	---	--------------------	------

Полученные данные о приросте двух широко распространённых видов лишайников являются основой при определении возраста палеосейсмодислокаций для Северного Тянь-Шаня (таблица 5). Оценку возраста в полевых условиях можно производить по максимальным диаметрам лишайников, используя табличный материал, где приведены скорости роста того или иного вида. Можно так же отметить, что прирост лишайника *Leconora muralis* на одной и той же высоте с Тянь-Шаньских объектов больше, чем прирост, полученный на Хаитском обвале [13].

Среднегодовой прирост лишайников по основным статистическим показателям

Таблица 5

Название обвала	Высота (Н) в метрах	Среднеарифметическое значение диаметра в мм (Хср.)	Среднее значение наиболее крупных диаметров ($Xx \geq 100$)	Максимальный диаметр лишайника (Хмах)
Беловодский обвал	2000	0.8	1.1	1.6
Ананьевский обвал	2000	0.9	1.4	1.7
Каиндинский обвал	2000	0.5	-	0.9
Хаитский обвал	2000	0.4	0.9	1.0



Рисунок 1. Лишайник *Leconora muralis* (яндекс-картинки).



Рисунок 2. Лишайник *Acorospora bochlini* (яндекс-картинки).



Рисунок 3. Лишайник *Gasparinia elegans* (яндекс-картинки).

В заключении можно отметить, что лихенометрический метод позволяет использовать лишайники в качестве индекса возраста сейсмодислокаций, а соответственно, и возраст землетрясения, в результате которого они образовались.

Литература

1. Абдрахматов К.Е., Чедия О.К. и др. Палеосейсмодислокации. // Детальное сейсмическое районирование Восточной Киргизии. Фрунзе: Илим, 1988, с.184-197.
2. Абдрахматов К.Е., Чедия О.К. и др. Разработка количественных методов оценки сейсмической опасности территории Кыргызстана на основе комплексного анализа геологических, геофизических и сейсмологических данных. Бишкек, 1992, фонды ИС НАН КР (научный отчет).
3. Богданович К.И., Карк И.М., Корольков Б.Я., Мушкетов Д.И. Землетрясения в северных цепях Тянь-Шаня 22 декабря 1910 (4 января 1911 г.). // Тр. Геологического комитета. СПб, 1914, новая серия, вып. 89. -256 с.
4. Геология кайнозоя Чуйской впадины и её горного обрамления. Л.: Наука, 1976, - 128 с.
5. Геологические основы сейсмического районирования Иссык-Кульской впадины. Фрунзе: Илим, 1978, - 152 с.
6. Григина О.М. Перспективы применения лихенометрического метода для определения возраста обвалов, оползней и палеосейсмодислокаций. // Ж. Известия НАН КР, № 2, 1999, с. 51-55.
7. Детальное сейсмическое районирование Иссык-Кульской впадины. Бишкек: Илим, 1993, - 148 с.
8. Корженков А.М. Сейсмогеология Тянь-Шаня (в пределах территории Кыргызстана и прилегающих районов). Бишкек: Илим, 2006, - 289 с.
9. Кучай В.К. Использование палеосейсмодислокаций при изучении сейсмического режима (на примере плейстоценовой области Чаткальского землетрясения 1946 г.). // Сб. отд. Геол. и геофиз. СО АН СССР, 1971, № 4, с.28-31.
10. Кучай В.К. Особенности максимального сейсмического воздействия по палеосейсмологическим данным. // Жур. «Геология и геофизика». 1972, № 12, с. 85-95.
11. Мартин Ю.Л. Лихенометрическая индексация времени обнажения каменистого субстрата. // Жур. Экология, М., 1970, № 5, с. 16-24.
12. Никонов А.А. Определение магнитуд и повторяемости сильных землетрясений прошлого по сейсмодислокациям (на примере зоны сочленения Памира и Тянь-Шаня). // Докл. АН СССР, 1980, т. 250, № 2, с. 336-339.

13. Никонов А.А., Шебалина Т.Ю. Новый способ определения возраста сейсмодислокаций (на примере эпицентральной зоны Хаитского землетрясения 1949 г.). // Докл. АН СССР, 1978, т. 242, № 4, с. 808-811.
14. Омуралив М.О.Чаримов Т.А. Сейсмодислокации и опасность западной части Северной Киргизии.// Известия АН Кирг. ССР, 1990, № 4, сер. физ.-технич. и математ. наук, с. 83-88.
15. Смирнова Т.Ю., Никонов А.А. Лишайники – хронометр сейсмических катастроф. // Жур. «Природа», 1989, № 8, с. 51-57.
16. Солоненко В.П. Шрамы на лике Земли. // Жур. «Природа», 1970, № 9, с. 17-25.
17. Стром А.П. О новой зоне развития палеосейсмодислокаций в северной части Центрального Тянь-Шаня. // Тр. Геологического ф-та МГУ, 1983, № 1, с.4-12.
18. Утиров Ч.У. Сейсмодислокации и остаточные деформации горных пород. // Опыт комплексного сейсмического районирования на примере Чуйской впадины. Фрунзе: Илим, 1975, с. 109-121.
19. Чаримов Т.А. Палеосейсмодислокации в бассейнах рек Карабалта – Аксу и Шамси. // Жур. Известия АН РК, 1991, сер. физ.-техн., математ. и горно-геол. наук, № 3, с. 121-133.
20. Чаримов Т.А. Каталог сейсмодислокаций на территории Кыргызстана. // Геолого-геофизические исследования в институте сейсмологии НАН КР. Бишкек: АСКО, 2006, с. 137-171.
21. Чаримов Т.А., Поволоцкая И.Э., Корженков А.М. Сейсмодислокации Северного Тянь-Шаня. // Жур. Известия вузов, 2005, № 1, с. 211-229.
22. Чедия О.К., Абдрахматов К.Е., Лемзин И.Н., Корженков А.М. Сейсмогравитационные структуры Кыргызстана. // Геология кайнозоя и сеймотектоника Тянь-Шаня. Бишкек: Илим, 1994, с. 85-97.
23. Шебалина Т.Ю. Лихенометрические исследования и определение возраста поверхностных сейсмогенных образований (на примере гор Средней Азии). Автореф. диссерт. канд. геол-мин. наук. М.: МГУ, 1985, - 25 с.
24. Шебалин П.Н., Шебалина Т.Ю., Никонов А.А. Лихенометрический метод определения возраста поверхностных сейсмогенных образований. Деп. ВИНТИ, 1981, № 2784-81, - 66 с.
25. Beschel R.E. Flechten als Altersmasstab resenter Moranen.// Zeitschrift fur Gletscherkunde und Glazialgeol, 1950, Bd. I, ht. 2, pp. 152-158.

Рецензент: к.г.-м.н. А.Б. Джумабаева