УДК 551.435.64 (571.56 + 571.65)

ДИНАМИКА ОСЫПЕЙ И КАМЕННЫХ ГЛЕТЧЕРОВ ОЛЬСКОГО ПЛАТО (Северное Приохотье) НА ОСНОВЕ ЛИХЕНОМЕТРИЧЕСКОГО И ФОТОМЕТРИЧЕСКОГО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗОВ

П. П. Колегов

ФГБУН Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н. А. Шило

ДВО РАН, г. Магадан

E-mail: kolegovpp@gmail.com

Приведены результаты изучения динамики коллювиальных процессов в юго-западной части Ольского плато с применением лихенометрического и гранулометрического методов. Измерения талломов лишайника *Rhizocarpon* sp. выполнены на разных гипсометрических уровнях коллювиальных конусов. Определено время заселения указанным лишайником экспонированных поверхностей обломочного материала. На этой основе установлена возрастная структура коллювиальных конусов (от 264 до 496 лет) и определены характерные скорости перемещения вниз по склону обломочного материала в разных частях конусов, которые варьируют от 0.39 до 0.85 м/год. Гранулометрический состав поверхности осыпей в транзитных частях представлен среднещебнистыми отложениями (медианные значения от 4.75 до 7.95 см), а в дистальных – крупнощебнистыми (медианные значения от 9.3 до 17.7 см). Выявлены формы постгенетического преобразования коллювиальных конусов в каменные глетчеры.

Ключевые слова: рельеф склонов, гравитационные, криогенные процессы, коллювий, лихенометрия, *Rhizocarpon* sp., Северное Приохотье.

DOI: 10.34078/1814-0998-2019-3-54-62

ВВЕДЕНИЕ

Склоновый морфолитогенез включает обширный спектр экзогенных процессов, преобразующих рельеф земной поверхности, главной движущей силой которых является гравитация. Развитие коллювиальных процессов во времени и пространстве способствует формированию различных склоновых образований: обвальных тел, осыпей и осыпных шлейфов, линейных коллювиальных потоков и конусов выноса. В областях развития многолетнемерзлых пород гравитационное рельефообразование сопровождается мощными процессами криогенного морфолитогенеза, проявляющегося на стадиях формирования элювия (морозное выветривание и разнообразные формы мерзлотного пучения), на стадии движения обломочного материала (коллювия) вниз по склону и часто на заключительном этапе – превращении коллювиального конуса в нижней части склона и на дне долины в каменный глетчер.

На территории Северного Приохотья проблема склонового морфолитогенеза рассматривалась в работах Э. Э. Титова (1976 и др.), С. М. Го-

ворушко (1986), А. А. Галанина (2002, 2009 и др.), но до настоящего времени еще остаются слабо разработанными некоторые вопросы динамики разных фаций коллювиальных и коллювиально-криогенных образований. Это связано в первую очередь с большой трудоемкостью и долговременностью проведения необходимых инструментальных наблюдений исследуемых процессов и форм рельефа. Продвижение в разработке указанной проблемы стало возможным в результате применения количественных методов, в том числе с помощью лихенометрического. Известно, что лихенометрический метод, разработанный в трудах (Beschel, 1973; и др.), приобрел популярность среди геоморфологов во всем мире. На Северо-Востоке России основы использования лихенометрического метода были заложены А. А. Галаниным. Установлено, что динамическую активность поверхности обвально-осыпного склона можно охарактеризовать через возрастную структуру ценопопуляции эпилитных лишайников (Галанин, 2002, 2009; Галанин, Смирнов, 2004; Галанин и др., 2014).

Базовой основой использования лихенометрического метода в условиях Северо-Востока Азии

послужило следующее (Галанин, 2002): 1 – размер особи лишайника является функцией времени экспонирования поверхности, на которой он обитает; 2 – заселение обломков пород спорами лишайников происходит достаточно быстро после отложения коллювиального материала на склоне; 3 – продолжительность жизни некоторых видов эпилитных лишайников достигает нескольких тысяч лет, что дает основание использовать их в качестве индексов возраста поверхности склонов с учетом того, что при движении каменного материала происходит переворачивание большинства обломков и обновление экспонируемой поверхности, что приводит к уничтожению отдельных особей локальных ценопопуляций. Таким образом, возрастная структура этих популяций функционально связана с динамической активностью данной морфоскульптуры или ее участка.

В качестве лишайника-индикатора мы использовали распространенный циркумполярно и достаточно многочисленный таксон *Rhizocarpon* sp. Продолжительность жизни его особей варьирует в зависимости от климатических условий от 1 до 4 тыс. лет (Beschel, 1973; Галанин, 2002, 2009; Jomelli et al., 2007; и др.). **Ниже приводятся данные по оценке возраста и интенсивности современной динамики развития коллювиальной морфоскульптуры горного узла в области сочленения юго-западной части Ольского базальтового плато с горами Дел-Урэкчэн, основанные на изучении возрастной структуры локальных популяций лишайников *Rhizocarpon* sp.**

РАЙОН, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Район исследований расположен в южной части Ольского базальтового плато (рис. 1) в бассейне р. Булум, правого притока р. Ола (60°36'06" с. ш., 151°08'32" в. д.). Для него характерен среднегорный рельеф с абсолютными отметками от 1000 до 1533 м. Крутые (25–30°), иногда скалистые, горные склоны, как правило, покрыты маломощным чехлом обломочных отложений гравитационно-мерзлотного ряда. Повсеместно распространены осыпные лотки с разной глубиной расчлененности, при выходе которых в долину формируются коллювиальные конусы выноса.

Гипсометрический уровень Армано-Ольского водораздела варьирует от 1400 до 1500 м, а на перевалах опускается до 1200 м. От него отходит несколько отрогов, наиболее крупный из которых образует междуречье Кедровки и Булума – правых притоков р. Ола. Его высота 1330–1410 м, высота других водоразделов не превышает 1120–1310 м.

Относительные превышения в среднем 250–300 м, максимальные – 400–500 м. Гипсометри-

ческий уровень долин в верхнем течении водотоков составляет 900–1000 м при ширине долин 100–200 м, в среднем течении уровень долин опускается до 600–700 м, а ширина достигает 500 м. Долины обладают выраженным **V-образным** поперечным профилем, днища заполнены русловым и пойменным аллювием. Древесная и кустарниковая растительность в основном развита в днищах крупных долин и **поднимается по отрогам** гор до высоты 900 м.

Изученный участок охватывает бассейн верхнего течения р. Булум. Долина на данном участке асимметричная, левый (северный) борт пологий (11–17°) и густо расчлененный. Правый борт крутой, углы наклона склонов составляют 30–35°. Участки, на которых проводили наблюдения, имеют следующие высотные отметки: водораздел – от 1200 до 1300 м; русло реки в истоках – 1020 м, в верхнем течении – 880 м.

Исследования включали: 1) дешифрирование аэро- и космоснимков; 2) геолого-геоморфологические наблюдения (описание петрографии и литологии пород, определение морфометрических параметров поверхности, проходка копушей и расчисток, фотографирование объектов); 3) лихенометрическую съемку, которая проведена в пределах площадок на поверхности коллювиальных конусов.

Лихенометрическую съемку выполняли по стандартной методике, апробированной нами ранее при изучении коллювиального морфолитогенеза в горах Дел-Урэкчэн (Колегов, 2016). Размер площадок в среднем составлял 400 м² (20 × 20 м); в их границах измеряли диаметр 100 особей лишайника *Rhizocarpon* sp. (по одной особи на один обломок горной породы, точность измерения 1 мм). Площадки заложены по профилям с учетом особенностей рельефа на **одинаковых по петрографическому составу и размерности обломочного материала** поверхностях. Всего было проведено 1700 измерений диаметров лишайников по **8 профилям** на 17 площадках.

Метрические параметры объектов установлены с применением морфометрических и гранулометрических методов. Для классификации обломочной фракции использовали Приложение Е ГОСТ 25100–2011 «Грунты. Классификация», см: глыбы крупные – 100.0–51.5, средние – 51.5–30.0, мелкие – 30.0–20.0; щебень крупный – 20.0–7.5, средний – 7.5–4.0, мелкий – 4.0–1.0; дресва крупнозернистая – 1.0–0.5, мелкозернистая – 0.5–0.2.

Размеры обломков определяли фотометрическим методом. Суть его заключается в фотографировании с масштабной линейкой поверхности осыпи. На каждой точке наблюдения снимали две смежные поверхности для усреднения со-

Рис. 1. Геоморфологическая схема района исследования. В качестве подложки использовано композитное изображение цифровой модели рельефа ASTER GDEM (теневой рельеф + углы наклона), горизонтали проведены через 50 м. Условные обозначения: 1 – коллювиальные конусы выноса; 2 – присклоновый каменный глетчер (?); 3 – лихенометрические профили, площадки и их номера; 4 – Армано-Ольский водораздел. На верхней врезке – географическое положение района работ; на нижней – космоснимок участка работ (Сервис..., 2015) с обозначенными профилями и лихенометрическими площадками

Fig. 1. Geomorphological scheme of the research area. For background, a composite image of the ASTER global digital elevation map (shaded relief + slope) was used, with contour lines at 50-meter intervals. Legend: 1 – colluvium cones (talus); 2 – slope-related rock glacier (?); 3 – lichen profiles and sites; 4 – Arman-Ola watershed. Top inset: geographical position of the research area. Bottom inset: satellite image (Satellite..., 2015) of the study area with marked profiles and lichenometric sites

става фракций. В камеральной обстановке снимок открывался в специализированных компьютерных программах, где изображение приводили к известному масштабу и измеряли обломки по длинной стороне, все данные записывали в базу данных. Количество измерений на снимок составило более 100, все измерения приводили к 100%.

Петрографический состав пород, слагающих обломочный чехол осыпей, предварительно определен в полевых условиях, а затем уточнен в камеральный период при микроскопическом исследовании. Установлено, что все разности пород принадлежат игнимбрикам риолитового состава, которые относятся к ольской свите поздне-мелового возраста.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Морфология коллювиальных конусов

Всего на исследуемой территории было изучено 6 коллювиальных конусов, из них 4 на склоне и 2 на каменном глетчере (рис. 2). Их нумерация совпадает с профилями (см. рис. 1). Размеры этих морфоскульптур следующие: длина от 260 (конус 7) до 410 м (конус 1); ширина транзитной части от 25 (конусы 2 и 8) до 45 м (конус 1), дистальной от 65 (конус 5) до 110 м (конус 2). Коллювиальные конусы приурочены к склонам с относительными превышениями более 250–300 м. Область питания у всех конусов симметричная, источником сноса служат обрывы высотой до 5 м. Конусы 4 и 6 имеют область питания в форме лотков с тремя-четырьмя подпитывающими каналами. У остальных конусов лотки выражены в рельефе слабо, материал в них поступает в основном с бортов. Также в транзитной зоне у конусов 1, 2 и 6 сохранились снежники (конец июня 2015 г.), у конуса 1 он занимает всю площадь транзитного канала.

Большинство коллювиальных конусов характеризуется следующими углами наклона: транзитная часть от 22 (конус 8) до 30° (конусы 4 и 5); аккумулятивная часть от 17 (конус 5) до 24° (конусы 2 и 6). Средние значения у транзитной части – 27°, а у дистальной – 21°.

Окончания у осыпей различны: конусы 1 и 2 (см. рис. 2) преобразованы в части присклонового каменного глетчера; конусы 4, 5, 6 и 7 протягиваются до тальвега долины и подрезаются водотоком.

В основании коллювиальных конусов 4, 5 и 7 наблюдаются фронтальные уступы высотой от 10 (конус 4) до 60 м (конус 7), образованные в результате боковой эрозии р. Булум. Уступы характеризуются активной поверхностью с углом откоса 35–45°. В основании уступов конусов 4 и 5 места сохранились снежники (конец июня 2015 г.), на поверхности которых накопился обломочный материал, смещенный в зимний период. Эти накопления образуют «вторичный» осыпной конус (по принципу предосыпных валов), который своей тыльной стороной прислоняется к фронтальному уступу главного коллювиального конуса.

Разрывы сплошности обломочного чехла

Коллювиальный конус 1 в дистальной части (т. н. 1/1) имеет свежий разрыв сплошности (рис. 3, б), плоскость сместителя вертикальна. Она расположена перпендикулярно створу конуса, видимое смещение обломочного чехла составляет 30–40 см. Разрыв слабо залечен; обломки, обнажающиеся в плоскости смещения, не покрыты корками выветривания.

У коллювиального конуса 2 в аккумулятивной и транзитной частях наблюдаются залеченные разрывы сплошности обломочного чехла в виде линейных провалов, перпендикулярных зоне транзита (рис. 3, а).

В т. н. 2/2 разрыв представлен в виде ступени высотой до 0.2–0.5 м с углом наклона 31° . Незатронутая транзитная часть ниже ступени сложена крупным щебнем и мелкими глыбами с углом наклона поверхности 26° , а выше ступени – мелким щебнем с углом наклона поверхности 24° . В т. н. 2/3 сместитель сопровождается провалом глубиной до 0.5–0.7 м и шириной 1.5–2.0 м; материал здесь более однородный – мелкие глыбы.

Разрывы сплошности обломочного чехла, возможно, обусловлены различными структурными аномалиями в строении склона. Эти нарушения, скорее всего, затрагивают не только поверхностный слой осыпи и внутреннюю ее часть, а также тело каменного глетчера и, возможно, материнские породы. Также разрывы могут быть вызваны деградацией ледяного ядра каменного глетчера и последующим гравитационным отседанием его тела с образованием присклоновой трещины (бергшрунда).

Другим (или сопутствующим) фактором в формировании разрывов сплошности может быть тектонический. Анализируя космические и перспективные фотоснимки в целях выявления похожих морфоэлементов, мы установили, что разрывы сплошности осыпных конусов траассируют разрыв-

Рис. 2. Участок работ с выделенными коллювиальными конусами, присклоновым каменным глетчером (?) и лихенометрическими площадками

Fig. 2. Study area with distinguished colluvium cones (talus), a slope-related rock glacier (?), and lichenometric sites

ные нарушения (кулисообразные трещины), которые отчетливо прослеживаются за пределами осыпей в коренных породах вдоль правого борта р. Булум. Эти разрывные нарушения простираются в северо-восток-восточном направлении в виде 2–3 кулис и располагаются в зоне влияния Армано-Среднеканского активного разлома. Средние значения длин этих разрывов составляют около 100 м, общую длину зоны можно оценить в 1600–1800 м.

Обсуждение причин формирования разрывов сплошности обломочного чехла на охарактеризованных выше, а также других подобных участках требует дальнейших исследований и выходит за рамки данной статьи.

Рис. 3. Разрыв сплошности обломочного чехла коллювиального конуса 2 (а) и в т. н. 1/1 (б)

Fig. 3. Fault of continuity of the debris cover of the colluvial cone 2 (a) and at the 1/1 site (б)

Морфология присклонового каменного глетчера

Длина присклонового каменного глетчера 750 м (вдоль склона), ширина 150–200 м, площадь 0.1 км², наклонен в сторону тальвега реки на 20°. Фронтальный уступ представляет собой активный склон с углами откоса 40–45°, высотой от 10 до 25 м.

Поверхность каменного глетчера – слабохолмистая, на которой имеются серповидные поперечные гряды, сформированные в результате пластических деформаций течения монолитным телом. Гряды приурочены к фронтальной части конуса. Таких гряд три, их высота от 2 до 5 м, расстояние между ними около 20 м, по форме они повторяют дистальную часть конуса. Высота фронтального уступа в т. н. 1/0 составляет около 10 м, уменьшаясь вниз по долине. На бровке фронтального уступа в небольшой расчистке установлен разрез отложений, который представлен следующими фракциями (сверху вниз):

0–0.2 м – крупный щебень и мелкие глыбы;

0.2–0.5 м – мелкий и средний щебень;

0.5–0.7 м – мелкий щебень с дресвяным заполнителем;

0.7–1.1 м – мелкий и средний щебень с дресвяным заполнителем;

1.1–1.3 м – крупные глыбы с дресвяно-песчаным заполнителем.

Поверхность каменного глетчера, питающегося из коллювиального конуса 2, имеет менее выраженный рельеф, она полого опускается в сторону тальвега (14°), гряды отсутствуют. Фронтальный уступ выражен более контрастно, его высота 20–25 м, и он активно осыпается.

В т. н. 3 имеется естественный разрез обломочного чехла каменного глетчера, вскрытый водотоком. Он расположен в небольшом врезе – «кань-

оне», высотой 2.0–3.0 м, длиной 100–120 м и шириной 1–3 м. Верхняя часть разреза сложена мелкими глыбами и крупным щебнем с мелкощебнистым заполнителем мощностью 1.0–1.5 м; ниже вскрыты монолитные крупные глыбы с элементами дресвяно-песчаного заполнителя видимой мощностью 0.5–2.0 м. Возраст экспонированной поверхности каменного глетчера в т. н. 3 по лихенометрическим данным оценивается более чем 1100 лет.

Гранулометрический анализ

Гранулометрический состав обломочного материала на поверхности определяли с помощью фотометрического метода с заданным масштабом. Измерения сгруппированы по классам крупности обломочного материала и приведены в табл. 1 и на рис. 4.

Для установления зависимости крупности фракции и частоты встречаемости обломков, а также выявления зависимости в распределении обломочного материала между точками наблюдения мы отстроили гистограммы классов крупности по профилям. В связи с тем, что вся совокупность выборки размеров обломков находится в диапазоне от 0 до 100 см, а размер каждого обломка может принимать любое значение в указанном интервале, мы можем описать возможные значения как случайную величину, а частоту встречаемости – как вероятность появления этих обломков, что будет соответствовать функции распределения случайной величины. Для оценки степени вероятности на разных интервалах мы использовали графики размаха, они отображены внизу каждой гистограммы и предоставляют более точные данные о распределении обломков по точкам наблюдения. Данные графики позволяют в удобной форме оценить медиану, нижний и верхний квартили (интерквартильный размах, ограничивающий 50% измерений), минимальное и максимальное значения выборки и выбросы (см. рис. 4).

Таблица 1. Гранулометрический состав поверхности по точкам наблюдения (т. н.)

Table 1. Granulometric composition of the surface by sites

т. н.	Соотношение фракции обломочного материала по т. н., %							Кол-во замеров
	Дресва, см крупная (< 1)	Щебень, см			Глыбы, см			
		мелкий (< 4)	средний (< 7.5)	крупный (< 20)	мелкие (< 30)	средние (< 51.5)	крупные (≥ 51.5)	
1/3	—	42.11	22.11	29.47	5.79	0.53	—	190
1/2	—	7.69	21.61	60.44	7.33	2.56	0.37	273
1/1	—	—	—	61.79	23.58	14.63	—	123
2/1	—	—	16.18	71.68	10.98	1.16	—	173
2/2	—	—	16.31	69.50	9.22	4.96	—	141
2/3	—	—	3.39	79.66	13.56	3.39	—	177
4/2	—	11.08	39.80	47.10	2.02	—	—	397
4/1	—	1.14	25.76	67.42	4.55	1.14	—	264
5/1	0.23	18.06	38.43	39.81	2.78	0.69	—	432
5/2	—	0.93	11.11	73.15	13.89	0.93	—	216
6/2	—	8.15	37.32	51.99	1.99	0.54	—	552
6/1	—	3.54	25.34	65.67	5.18	—	0.27	367
7/2	—	19.41	52.70	27.15	0.74	—	—	814
7/1	—	1.26	29.90	61.81	6.53	0.50	—	398

Примечание. Полужирным шрифтом выделены максимальные значения, прочерк – отсутствие значений.

Рис. 4. Частотное распределение обломочного материала по профилям

Fig. 4. Frequency distribution of clastic material by profiles

Статистические расчеты и построение графиков выполнены стандартными методами в языковой среде программирования R (R..., 2008).

Построенные графики мы интерпретируем следующим образом.

Коллювиальный конус 1 в своей транзитной зоне (т. н. 1/3) содержит мелкощебнистый материал (42.10%), в подчиненном количестве на-

блюдается средний и крупный щебень. Медиана равна 4.5 см, а интерквартильный размах приходится на интервал от 3.2 до 10.3 см. В нижней части транзитной зоны (т. н. 1/2) фракции сменяются на крупнощебнистые (60.43%) с подчиненным количеством среднего щебня. Медианное значение приходится на 10.8 см, интерквартильный размах от 7.1 до 16 см. В зоне аккумуляции

(т. н. 1/1) преобладает крупный щебень (61.79%) с подчиненным количеством мелких и средних глыб. Медиана составляет 17.7 см, интерквартильный размах от 14.8 до 23.1 см.

Такая смена фракций характерна для стабилизирующихся осыпей, когда профиль конуса уравнивается и пустоты в глыбах заполняются более мелким материалом, начиная с верхней части осыпи коллювиального конуса 2. Гранулометрический состав коллювиального конуса 2 имеет некоторые особенности. Так, графики частотного распределения и размаха сходны по очертаниям между точками наблюдения, в обломочном составе на всех площадках доминирует крупнощебнистая фракция (69–79%). Медианные значения колеблются от 11.9 до 13.1 см, а интерквартильный размах описывает выборку от 8.5 до 17.0 см. Такие распределения не характерны для осыпных конусов изученного участка. Мы интерпретируем это как изменение профиля равновесия осыпи под действием образования разрывов сплошности обломочного чехла.

У коллювиальных конусов 4–7 схожее распределение обломочных фракций. Согласно гистограммам крупности фракций, мы наблюдаем в транзитных зонах преобладание главным образом крупнощебнистых отложений, а в аккумулятивных – крупнощебнистых со среднещебнистым заполнителем. В свою очередь графики размаха дают более точное представление о распределении обломков. Так, в транзитных зонах преобладают обломки размерностью от 4.3 до 10.7 см (интерквартильный размах), медианные значения варьируют от 5.75 до 7.95 см; в аккумулятивных зонах преобладают обломки от 7.1 до 16.8 см (интерквартильный размах), медианы – от 9.30 до 13.15 см.

Общая последовательность смены гранулометрических фракций обломочного материала в коллювиальных конусах при их стабилизации мы представляем следующим образом (исключая аномально активный конус 2):

в транзитных частях коллювиальных конусов преобладает щебень крупной фракции. Медианные значения размерности обломков, полученные по графикам размаха, варьируют от 4.75 до 7.95 см. В подчиненном количестве наблюдаются средне- и мелкощебнистые отложения. Также характерен заполнитель в виде мелкозема, который указывает на делювиальный фактор влияния в осадконакоплении, вызванный таянием снежников, расположенных в транзитном канале и области питания;

в аккумулятивных частях залегают более крупные обломки – крупный щебень со среднещебнистым заполнителем и элементами мелких и средних глыб. Встречаются единичные крупные глыбы, накопленные вследствие процессов обваливания и скатывания. Медианные

значения размерности обломков варьируют от 9.3 до 17.7 см.

Осредненный гранулометрический состав обломков, слагающих коллювиальные конусы, следующий, %: дресва крупная – 0.02; щебень мелкий – 9.94, средний – 31.46, крупный – 52.03; глыбы мелкие – 5.31, средние – 1.20, крупные – 0.04.

Лихенометрический анализ

Помимо морфометрических измерений, гранулометрического и петрографического анализов состава отдельных обломков мы на поверхности коллювиальных конусов по результатам измерений на заложенных площадках проанализировали данные лихенометрических наблюдений.

В результате этого были рассчитаны возраст экспонирования поверхности площадок и скорость транспортировки обломочного материала между точками наблюдения по профилям (см. рис. 2; табл. 2).

Для установления возраста применяли уравнение (Галанин, 2002)

$$d = a_0 f (1 - e^{-t/f}), \quad (1)$$

где d – максимальный диаметр лишайника (теоретически предсказанный убывающим логарифмическим трендом); a_0 – коэффициент скорости роста лишайника, равный 0.23 мм/год, на высоте 400–800 м н. у. м.; f – коэффициент замедления роста таллома, равный 1000 лет; t – возраст таллома. Из уравнения (1) выражаем t :

$$t = 1000 \ln \left(\frac{-1}{d - 230} \right) + 5438.02. \quad (2)$$

Основные показатели лихенометрического анализа приведены в табл. 2. Отметим, что полученные значения скорости характерны для поверхностного слоя мощностью не более 20 см.

Анализ показал, что скорость транспортировки обломков в транзитных зонах варьирует от 0.39 до 0.85 м/год, при среднем значении 0.55 ± 0.18 м/год, в зоне перехода к каменному глетчеру – 0.16 м/год (профиль 1). Полученные значения согласуются с опубликованными нами ранее для соседнего участка в этом же регионе – от 0.20 до 1.09 м/год, при среднем значении 0.57 ± 0.33 м/год (Колегов, 2016).

Аномальные значения (исключены из подсчета среднего) в транзитных зонах получены для профилей 2 (3.46 м/год) и 6 (8.53 м/год). В первом случае мы связываем скачок в скорости с образованием разрывов сплошности и изменением вследствие этого профиля равновесия осыпи, что находит свое отражение также в гранулометрическом составе поверхности. Второй случай связывается со сходом каменной лавины (?). На это указывают геоморфологические факты, а именно форма поверхности конуса и его взаимоотношения с долиной частью. Осыпь имеет ровную поверхность, относи-

Таблица 2. Основные показатели лихенометрического анализа по профилям

Table 2. Main indicators of lichenometric analysis by profiles

Профиль (конус)	Площадка	Диаметр таллома, мм		Возраст поверхности, лет	Угол наклона поверхности осыпи, °	Расст. между т. н., м	Скорость транспорти- ровки, м/год
		наблюда- емый	теорети- ческий				
1	1/2	55	54.9	273	21	57	0.85
	1/3	40	42.9	206			
	1/1	160	137.8	915	15	105	0.16
	1/2	55	54.9	273			
2	2/2	40	40.6	194	28	90	3.46
	2/1	33	35.6	168			
	2/3	54	68.7	355	26	80	0.49
	2/2	40	40.6	194			
4	4/1	66	75.5	341	24	124	0.69
	4/2	40	34.6	163			
5	5/2	82	90.2	496	23	120	0.39
	5/1	38	40.7	194			
6	6/1	50	58.0	293	30	111	8.53
	6/2	52	56.2	280			
7	7/1	56	66.1	339	27	92	0.44
	7/2	32	28.3	131			

тельные гипсометрические уровни в дистальной части ниже, чем у конусов 4, 5 и 7, и, кроме того, конус 6 выплеснут в долину р. Булум. Возраст и гранулометрический состав поверхности конуса в транзитной и аккумулятивной зонах схожи.

Полученные возрастные датировки поверхности аккумулятивных частей осыпных конусов варьируют от 264 до 496 лет, при среднем значении 342 ± 76 лет. Этот интервал описывает время полного обновления поверхности тела осыпи, т. е. является динамическим возрастом данных морфоскульптур. Под термином «динамический возраст» подразумевается «... временной интервал, охватывающий процессы поступления материала в каменный глетчер, его транспортировку и отложение в области разгрузки (абляции)» (Галанин, 2009. С. 49). Вслед за А. А. Галаниным мы применяем это понятие для коллювиальных конусов выноса.

Отдельным вопросом стоит определение фазового состояния каменного глетчера, так как здесь много особенностей в его структуре, указывающих на его деградацию: отсутствие морфологических элементов пластического течения на большей его части, разрывы сплошности обломочного чехла. Представленные факты позволяют отнести его к категории каменных глетчеров, утративших ледяное ядро, прекративших движение и, как следствие, подвергшихся эрозионным процессам.

ВЫВОДЫ

1. Средние многолетние показатели скорости транспортировки обломочного материала в приповерхностном слое коллювиальных ко-

нусов по лихенометрическим данным варьирует от 0.39 до 0.85 м/год, среднее составляет 0.55 ± 0.18 м/год;

2. Динамический возраст коллювиальных конусов варьирует от 264 до 496 лет, при среднем значении 342 ± 76 лет;

3. Гранулометрический состав поверхности осыпных конусов на участке изменяется от среднещебнистых фракций в транзитных частях, медианные значения от 4.75 до 7.95 см, до крупнощебнистых в дистальной, медианные значения от 9.3 до 17.7 см;

4. Дистальные части некоторых конусов приобретают специфические формы, характерные для каменных глетчеров в стадии их деградации.

ЛИТЕРАТУРА

Галанин А. А., Лыткин В. М., Федоров А. Н., Кадота Т. Возраст и размеры последнего ледникового максимума хребта Сунтар-Хаята на основе лихенометрии и теста остаточной прочности // Криосфера Земли. 2014. Т. 18, № 2. С. 72–82.

Галанин А. А., Смирнов В. Н. Динамика гравитационных склоновых процессов в горах Северного Приохотья в позднем голоцене и лихенометрическая методика их моделирования и прогноза // Геоморфология. 2004. № 3. С. 67–75.

Галанин А. А. Каменные глетчеры Северо-Востока России: строение, генезис, возраст, географический анализ : дис. ... д-ра геогр. наук. Владивосток, 2009. 303 с.

Галанин А. А. Лихенометрия: современное состояние и направление развития метода (аналитический обзор). Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 2002. 74 с.

Говорушко С. М. Курумовый морфолитогенез. Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1986. 120 с.

Колегов П. П. Динамика коллювиальных процессов в хребте Дел-Урэкчэн (Северное Приохотье) на основе лихенометрических данных // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2016. № 2. С. 10–18.

Сервис космических снимков [Электрон. ресурс] / Геопортал Роскосмоса. 2015. URL: <http://gptl.ru> (Дата обращения: 15.01.2016).

Титов Э. Э. Основные черты современного коллювиального морфолитогеоза в горах Северо-Востока СССР // Геоморфология. 1976. № 2. С. 11–25.

Beschel R. E. Lichens as a measure of the age of recent moraines // *Arctic & Alpine Res.* 1973. Vol. 5, No. 4. P. 303–309.

Jomelli V., Grancher D., Naveau P. et al. Assessment study of lichenometric methods for dating surfaces // *Geomorphol.* 2007. Vol. 86. P. 131–143.

R: A language and environment for statistical computing. Vienna. 2008. URL: <http://www.r-project.org> (reference date: 15.02.2019).

Поступила в редакцию 18.03.2019 г.

Поступила после доработки 26.04.2019 г.

DYNAMICS OF COLLUVIAL CONES (TALUS) AND ROCK GLACIERS OF THE OLA PLATEAU (Northern Priokhotye) BASED ON LICHENOMETRIC AND PHOTOMETRIC GRAIN SIZE ANALYSES

P. P. Kolegov

North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute n. a. N. A. Shilo, FEB RAS, Magadan

The paper presents the results of the colluvial cone (talus) dynamics study by using the lichenometric and granulometric methods in the south-west part of the Ola plateau. Measurements of the *Rhizocarpon* sp. lichen thalli have been performed on different hypsometric levels of colluvial cones. The time of the specified lichen settling the exposed detrital surfaces has been determined. Basing on the data, the age structure of colluvial cones has been established (264–496 yr), and the characteristic speeds of debris moving down the slope in different parts of the cones have been determined, varying from 0.39 to 0.85 m/yr. The granulometric composition of talus surfaces in transit parts is represented by medium-grained sediments (median values from 4.75 to 7.95 cm); in distal, by coarse-grained deposits (median values from 9.3 to 17.7 cm). Forms of postgenetic transformation of colluvial cones into rock glaciers have been revealed.

Keywords: slope relief, gravity, cryogenic processes, colluvium, lichenometry, *Rhizocarpon* sp., Northern Priokhotye.

REFERENCES

Beschel, R. E., 1973, Lichens as a Measure of the Age of Recent Moraines, *Arctic & Alpine Res.*, 5, 4, 303–309.

Galanin, A. A., 2002, Lichenometry: Current State and Direction of the Method Development (Analytical Review), Magadan, NEISRI FEB RAS [In Russian].

Galanin, A. A., 2009, Rock Glaciers of the North-East of Russia: Structure, Genesis, Age, Geographical Analysis : Diss. ... D. Sci. (Geogr.), Vladivostok [In Russian].

Galanin, A. A.; Lytkin, V. M.; Fedorov, A. N.; Kadota, T., 2014, Age and Extent of the Last Glacial Maximum on the Suntar-Khayata Ringe Basing on Lichenometry and Schmidt Hammer Test, *Earth's Cryosphere*, 18, 2, 72–82 [In Russian].

Galanin, A. A.; Smirnov, V. N., 2004, Dynamics of Gravitational Slope Processes in the Mountains of the Northern Priokhotye and Lichenometric Methodology of Reconstructing and Forecasting Them, *Geomorphologiya*, 3, 67–75 [In Russian].

Govorushko, S. M., 1986, Stone River Morpholithogenesis, Vladivostok, FESC AS USSR [In Russian].

Jomelli, V.; Grancher, D.; Naveau, P., et al., 2007, Assessment Study of Lichenometric Methods for Dating Surfaces, *Geomorphology*, 86, 131–143.

Kolegov, P. P., 2016, Dynamics of Colluvial Processes in the Del-Urekchen Ridge (Northern Priokhotye) Based on Lichenometric Data, *Bull. NESR*, 2, 10–18 [In Russian].

R: A Language and Environment for Statistical Computing, 2008, Vienna, URL: <http://www.r-project.org> (Reference Date: 15.02.2019).

Satellite Images Service, 2015, *Roscosmos Geoportal*, URL: <http://gptl.ru> (Visiting date: 15.01.2016) [In Russian].

Titov, E. E., 1976, Main Features of the Modern Colluvial Morpholithogenesis in the Mountains of the USSR North-East, *Geomorphologiya*, 2, 11–25 [In Russian].