

Методика научных исследований

УДК 551.4.012(235.32)

© 2010 г. А.А. ГАЛАНИН, А.Ю. ПАХОМОВ

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СКЛЕРОМЕТРА “ОНИКС 2.6.2” ДЛЯ ДАТИРОВАНИЯ
МАНДЫЧАНСКОГО ПОЗДНЕЛЕДНИКОВОГО КОМПЛЕКСА
(хр. ЧЕРСКОГО)¹****Принцип действия молотка Шмидта (склерометра) и его применение
в геоморфологических исследованиях**

Датирование геоморфологических объектов путем анализа прочности корок выветривания на скальных поверхностях и отдельных обломках с помощью молотка Шмидта в последнее время проводилось рядом исследователей, список работ которых приведен в [1]. В зарубежной геоморфологии этот метод носит название Schmidt Hammer Test (тест молотком Шмидта). Российским аналогом данного прибора является склерометр. Часто применение склерометра сочетается с лихенометрическим методом [2], что дает возможность определять возраст скальных и грубообломочных образований в интервале последних 10–12 тыс. лет.

Молоток Шмидта был разработан в 1948 г. для выполнения оценок прочности бетонных конструкций способом неразрушающего контроля в полевых условиях, а использование его в геоморфологических исследованиях началось в 1960-х гг. [1]. Единичный тест прочности выполняется путем измерения величины отраженной поверхностью энергии удара, наносимого специальным пружинным устройством. Выполняемый механизм удар имеет строго фиксированную (калиброванную) энергетическую характеристику. Часть энергии поглощается поверхностью, в результате ее пластической деформации и разрушения, а также преобразуется в тепло и звуковые колебания. Оставшаяся часть упруго отражается. Расстояние, пройденное бойком после его отскока (rebound), считывается по встроенной в прибор шкале, называется величиной обратного отскока (R), измеряется в процентах и варьирует от 10 до 100. Более твердые и прочные породы имеют большее значение R , чем мягкие и рыхлые. Величина R – интегративная и относительная характеристика, она отражает не только прочность и твердость, но и упругость поверхности. Экспериментальным путем для разных горных пород разработаны калибровочные кривые и формулы пересчета величины R в абсолютные единицы прочности и упругости [1].

Существует несколько модификаций склерометров, предназначенных для оценки пород различной твердости [1]. В зарубежных исследованиях наиболее часто используются склерометры N -типа, имеющие ударный импульс около 2 Дж. Они позволяют проводить тестирование различных горных пород в широком диапазоне прочности от 20 до 250 МПа. Современные электронно-механические склерометры (молотки Шмидта), в отличие от механических, автоматически рассчитывают значение прочности в единицах СИ. Они также обладают повышенной точностью и имеют магнитные

¹ Работа выполнена в 2008 г. при финансовой поддержке РФФИ (проект № 08-05-00046).

накопители для хранения результатов тестирования. Встроенное программное обеспечение позволяет выполнять статистический контроль качества получаемых результатов непосредственно в полевых условиях.

Источники инструментальных ошибок связаны с текстурными и структурными вариациями горных пород, прочностной неоднородностью исследуемой поверхности, влиянием силы тяжести на выполненные под разными углами измерения [1]. Частотные распределения прочности и связанной с ней величины R на выветрелых “старых” поверхностях

нередко имеют полимодальный вид (рис. 1). Это связано с омоложением отдельных фрагментов поверхности в результате постгенетических процессов шелушения и десквамации, морозного дробления и др. На крупнозернистых порфировых породах, когда размеры отдельных зерен превышают диаметр бойка склерометра (3–5 мм), полимодальный характер распределения прочности может быть связан с различной прочностью отдельных минералов, либо с наличием катаминированных фациальных разностей и включений. Эти аспекты вносят соответствующие ограничения на применение метода и требуют унификации приемов выбора исследуемых участков и всей методики тестирования для решения конкретных геоморфологических задач.

Использование молотка Шмидта для датирования ледниковых образований

Методика датирования собственно морен и других ледниковых образований с помощью молотка Шмидта предложена Дж.А. Матьюсом и Р.А. Шейкесбай [2]. Наиболее удачными примерами использования метода являются реконструкции голоценовых ледниковых событий в южной Норвегии и в Южных Альпах (Новая Зеландия) [3–5]. Р.А. Шейкесбай с соавторами для горных районов южной Норвегии разработали калибровочные кривые, позволяющие датировать ледниковые образования с помощью молотка Шмидта в интервале всего голоцена [6].

Несмотря на существенные вариации, обусловленные фациальными и текстурными различиями тестируемых метаморфических пород, средние значения относительной прочности (величины обратного отскока R , см. далее в тексте) исследованных поверхностей при 95% уровне значимости указывают на статистические достоверные различия для возрастных категорий “Малого ледникового века”, предбореального и ранне–дриасового похолоданий (соответственно, 60.0 ± 1.6 ; 41.6 ± 1.4 ; и 34.2 ± 2.0).

Строение Мандычанского ледникового комплекса

Массив г. Бол. Мандычан (абс. высота 2200 м) входит в состав хр. Больших порогов и является одним из наиболее высоких горных узлов ЮВ части хр. Черского. Здесь развит расчлененный альпинотипный рельеф с максимальными отметками стенок каров 2000–2200 м и относительными превышениями до 1400 м. Крупный позднеплейстоцен–голоценовый ледниковый комплекс, занимает северный склон массива в бассейне

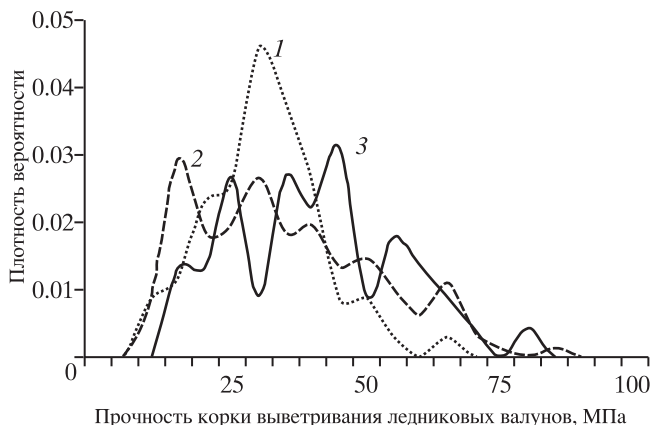


Рис. 1. Распределения результатов измерений прочности корки выветривания на разновозрастных ледниковых морфоскульптурах (гранитоиды) Мандычанского горного массива (хр. Черского) 1 – ледниковые валуны “досартанского” возраста, 2 – конечноморенный комплекс сартанского возраста, 3 – поверхность активного каменного глетчера (поздний голоцен)

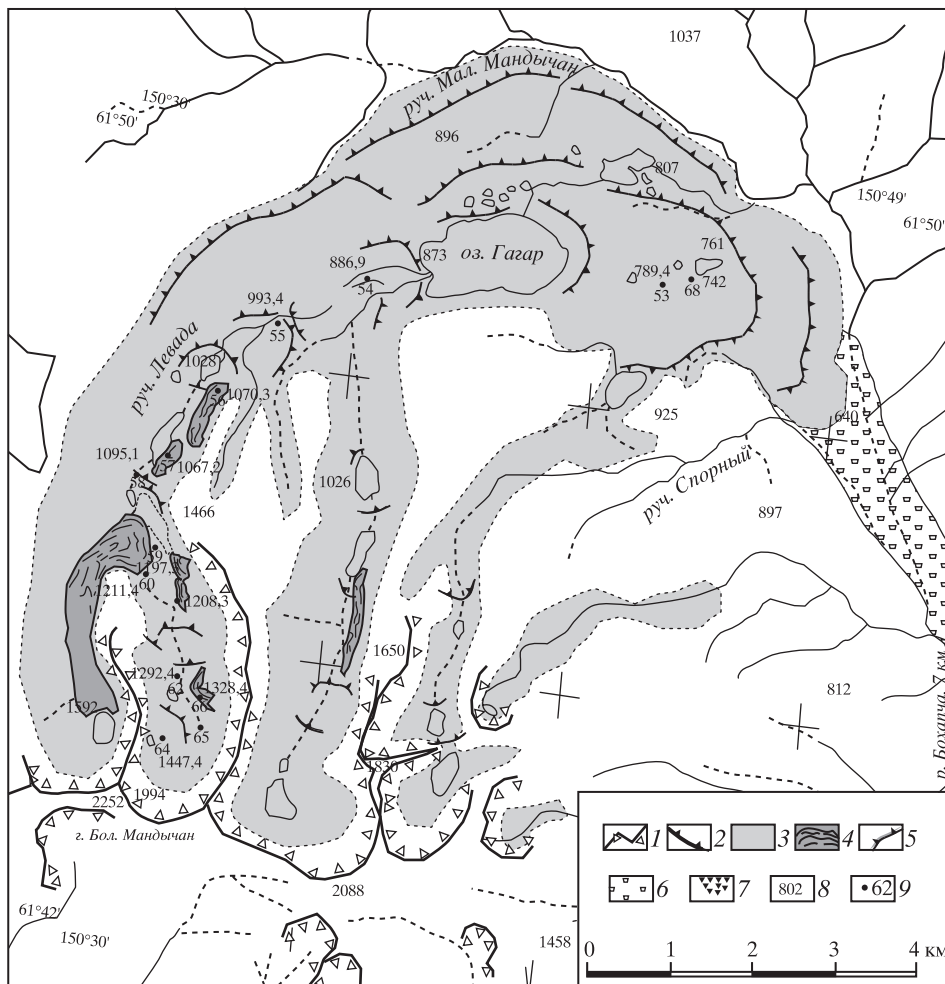


Рис. 2. Геоморфологическая схема позднеплейстоцен–голоценового ледникового комплекса массива г. Бол. Мандычан (хр. Черского)

1 – бровки ледниковых цирков, 2 – скальные ригели и резкие уступы тальвега, 3 – максимальная территория, занимавшаяся льдами сартанского времени, 4 – каменные глетчеры, 5 – гребни моренных валов, 6 – водноледниковые и аллювиальные образования, 7 – крупноглыбовый обвал при разрушении стенки кара, 8 – отметки высот, 9 – точки наблюдений и площадки измерения прочности ледниковых валунов (таблица)

оз. Гагар и р. Мал. Мандычан (рис. 2). Его протяженность около 12.5 км. В области питания расположена система сложных многокамерных ступенчатых цирков с отметками днщ от 1000 до 1600 м. Дистальная часть комплекса приурочена к отметкам 640–660 м.

Ядро Мандычанского массива слагает гранитоидный батолит позднеюрско–ранне-мелового возраста, в строении которого преобладают лейкократовые мелко- и среднезернистые порфировидные граниты, гранит-порфиры и гранодиориты. Минеральный состав образован матрицей из зерен кварца и полевого шпата размером 0.5–3 мм. В порфировых выделениях кварц и полевой шпат представлены зернами до 3, изредка 10 мм. Соотношение основной массы к порфировым выделениям 10:1. Из темноцветных минералов присутствует биотит (2%), из рудных – гематит (2%).

Из областей питания рассматриваемого комплекса поступает исключительно крупнообломочный и глыбовый материал, что отражается в преобладании в аккумулятивных ледниковых комплексах, большом количестве крупных ледниковых валунов и, нередко, глыб размерами более 5–8 м.



Рис. 3. Активный присклоновый лопастной каменный глетчер в истоках руч. Левада. Мандычанский массив (хр. Черского)

По результатам дешифрирования аэрофотоснимков и маршрутного обследования внутри исследуемого ледникового комплекса с разной степенью уверенности выделяется 8–10 стадийных регрессионных разновозрастных моренных образований, отделенных друг от друга озерными котловинами, ригелями, либо плоскими наледными поверхностями.

Наиболее древняя краевая часть имеет вид асимметричной подковы, подпруживает оз. Гагар (абс. высота 880 м, длина 2 км) и отражает положение края ледника в максимальную фазу последнего (сартанского) оледенения. Она образована системой сближенных и наложенных друг на друга серповидных гряд, изометричных холмов и западин с небольшими озерами, каналобразных понижений. Ширина краевого комплекса вдоль его оси составляет около 3,5 км. О мощности отложений свидетельствуют отметки высот от 640 м у подошвы до 880 м у восточной оконечности оз. Гагар. От соседних долин данный краевой комплекс отличается гипертрофированными размерами, глубина отдельных инверсионных воронок достигает 30–40 м, а максимальная мощность морены здесь, очевидно, составляет не менее 100 м. К краевой части примыкает флювиогляциальный конус, полого наклоненный вниз по долине р. Мал. Мандычан и прослеживающийся до его впадения в р. Бохача на расстоянии 10–12 км.

Все вышерасположенные, вплоть до истоков р. Мал. Мандычан, моренные валы имеют несравненно меньшие размеры и объем. Вместе с ригелями и ледниково-озерными котловинами они отчетливо свидетельствуют о весьма неравномерном характере дегляциации. К наиболее поздним нивально-гляциальным генерациям отнесены обнаруженные в истоках руч. Левада активные и отмершие каменные глетчеры разных размеров и морфологии, развивающиеся и частично перекрывающие поздние моренные формы (рис. 3). Отсутствие почвенно-растительного покрова, морфометрические и геоморфологические признаки, а также лишенометрические датировки (таблица) указывают на их позднеголоценовый возраст. Активные присклоновые каменные глетчеры лопастного типа в настоящее время получают питание из обвально-осыпных конусов. Каменные глетчеры представляют собой особый тип позднеголоценового оледенения северо-востока Азии. Некоторые их морфодинамические комплексные разновидности имеют абляционное и смешанное гляциально-криогенное происхождение, нередко обладают реликтовым ледяным ядром. Сформировались они в неогляциальную эпоху [7, 8].

**Результаты оценки прочности корок выветривания (Schmidt Hammer Test) и лихенометрические датировки валунов на гребнях морен
Мандычанского ледникового комплекса**

Номер точки наблюдений	Координаты, град.		Абс. высота, м	Расстояние от области питания, м	Количество измерений			Прочность корки выветривания, мПа		Лихенометрическая датировка, тыс. л. н.	Коррелятные осадки озер Джека Лондона и Эльтеня, тыс. л. н. [9]
	с. ш.	в. д.			всего	серий измерений	измеренный в серии	среднее средних	ошибка среднего		
51	61.66191	150.73581	485.1	24180	70	7	10	28.63	3.82	не опр.	>45
68a	61.74143	150.58837	742	3980	70	7	10	29.38	12.59	"	34-24
68b	61.74143	150.58837	744	8199	180	12	15	31.55	8.95	"	"
53	61.74052	150.58197	789.4	11629	120	8	15	36.53	7.09	"	"
54	61.7375	150.51722	886.9	8019	165	11	15	27.51	7.98	"	>14
55	61.73182	150.49908	993.4	6719	180	12	15	35.34	12.61	"	"
56	61.72418	150.48793	1070.3	4982	90	6	15	29.43	6.49	9720±2000	голоден
57	-	-	-	-	нет	-	-	-	-	1920±300	"
67	61.70128	150.48264	1208.3	685	45	3	15	37.86	5.90	4600±800	"
64	61.68678	150.48263	1461.8	325	60	4	15	54.30	4.27	2150±650	"
65	61.68904	150.49057	1379.1	509	30	2	15	59.00	2.94	2130±840	"
66	61.69121	150.49013	1328.4	621	45	3	15	51.02	4.30	1800±260	"

Методика полевых работ

Для анализа степени выветривания ледниковых валунов стадиальных морен нами использован электронно-механический склерометр отечественного производства “Оникс 2.6.2”, в котором ударный механизм движется в магнитном поле и инициирует электрические токи. Их амплитудно-частотные характеристики фиксируются прибором с высоким разрешением, что позволяет электронному устройству выполнять развернутую запись колебательного процесса удар–отскок вплоть до его затухания (рис. 4).

Прибор имеет программируемую функцию автоматической нормализации измерений прочности, выполненных под разными углами к тестируемой поверхности. Использованный нами склерометр (заводской номер № 87) включен в систему Госстандартом, калиброван и сертифицирован изготовителем (сертификат № 786), укомплектован эталоном прочности, и дает возможность выполнять измерения от 3 до 100 МПа с погрешностью не более 8%.

Вдоль оси Мандычанского ледникового комплекса на его разновозрастных элементах (преимущественно гребнях и вершинах морен) было заложено 11 пробных площадок. В верхней части комплекса площадки заложены на поверхностях активных каменных глетчеров. Координаты площадок определялись с помощью GPS с точностью до 5–10 м. Размеры площадок составляли не менее 25×25 м. На каждой выполнено 3–15 серий оценок прочности. Каждая серия включает 10–15 элементарных измерений. В качестве прочностной характеристики площадки принималось среднее арифметическое значение серий. При проведении оценки прочности выветрелой корки проводилось стандартное геоморфологическое обследование и описание, отбирались пробы для определения петрографического состава.

В верхней и наиболее молодой части комплекса были выполнены лихенометрические датировки по методике, которая детально рассмотрена нами ранее [10 и др.]. Для датирования использовались желтые особи таксона *Rhizocarpon* секции *Rhizocarpon*. В качестве индекса возраста использованы частотные распределения и вариационные ряды диаметров измеренных особей. Оценка времени экспонирования выполнена на основе зависимости $t \approx -3E - 06b^2 + 0.0565b$, где t – возраст локальной ценопопуляции,



Рис. 4. Спектральные характеристики “удар–отскок” единичных тестов прочности поверхностей ледниковых валунов склерометром “Оникс 2.6.2” (Мандычанский плейстоцен–голоценовый ледниковый комплекс, хр. Черского)

b – свободный член уравнения логарифмической регрессии убывающего вариационного ряда датированной выборки [10].

Результаты

Полученные значения прочности приведены в таблице, в которую включены измерения, выполненные на поверхностях валунов и отполированных ледником скал гранитного состава. Замеры, выполненные на валунах иного состава (углистые сланцы, роговики, кремнистые песчаники), в целях унификации были исключены из выборки после просмотра шлифов эталонных образцов.

Площадка 51 рассматриваемого комплекса расположена в 12 км ниже по долине р. Мал. Мандычан в пределах более древнего ледникового комплекса, предположительно зырянского возраста. Ледниковые осадки обнажаются в правом борту долины, где они представлены тяжелым валунным суглинком сизого цвета. В понижениях и вблизи бортов долины морена частично перекрыта тонкими лёссовидными суглинками с примесью органики. На возвышенных участках встречаются крупные ледниковые валуны со следами десквамации и морозного шелушения. Предполагается, что выветрелые корки имеют здесь вторичное происхождение. Площадки 68а–б и 53 находятся на гранитных валунах в пределах краевой части сартанского ледникового комплекса в диапазоне высот 740–780 м. Площадки 54–56 и 67 расположены во внутренней части сартанского комплекса на стадияльных моренах отступления ледника в диапазоне высот 885–1210 м.

Полученные значения прочности выветрелой корки валунов на гребнях разновозрастных морен Мандычанского ледникового комплекса в целом проявляют взаимосвязь с расстоянием по оси транзита ледникового материала, а также с абсолютной высотой (рис. 5). Однако статистически достоверно различаются только две группы объектов. К первой (площадки 51–56, 67 и 68а–б) относятся стадияльные морены сартанского и зырянского (51) возраста. Эта группа характеризуется широким разбросом значений прочности корок выветривания отдельных валунов. Средние значения внутри серий варьируют от 12 до 60 МПа. Средние средние (серий) изменяются от 27 до 38 МПа. Существенных различий между стадиями, удаленными друг от друга на 5–6 км, не выявляется. Это можно объяснить следующими причинами:

1. Все морены данной группы имеют раннесартанский возраст и находятся за пределами разрешения использованного метода;

2. Значительное варьирование результатов связано с крупнозернистостью и порфировыми выделениями в гранитах, а также различной степенью преобразованности постгенетическими процессами;

3. Недостаточно отработанный подход в выборе площадок для тестирования, которые имеют разную степень постгенетического преобразования;

4. Недостаточный объем полученной выборки.

Во вторую группу попадают площадки 64–66, приуроченные к самой верхней части комплекса, расположенные на поверхности активных каменных глетчеров и самых верхних (молодых) моренах в истоках р. Левада. Прочностные характеристики здесь варьируют от 51 до 59 МПа.

Наиболее крупный каменный глетчер приурочен к левому кару в истоках руч. Левада. Он имеет длину около 2600 м и сформировался из каровой морены. Глетчер имеет гипертрофированные размеры и аномально деформированную поверхность с разрывами сплошности в транзитной части, свидетельствующую о смещении его фронтальной части (площадки 59, 60) на расстояние около 1 км в результате быстрых катастрофических процессов. На сильные деформации указывают также выходы напорных вод в прифронтальной части из толщи частично погребенных под глетчером отложений спущенного ледникового озера. Кроме того, катастрофическое движение этого объекта, вероятно, инициировало обрушение скальных стенок кара и загромождение тальвега долины хаотически нагроможденными гигантскими угловатыми глыбами размерами от 10 до 25 м в диаметре.

По аэрофотоснимкам в 2 км к СЗ нами выявлены еще два сорванных с ложа долинных каменных глетчера особо крупных размеров, а также несколько крупных свежих

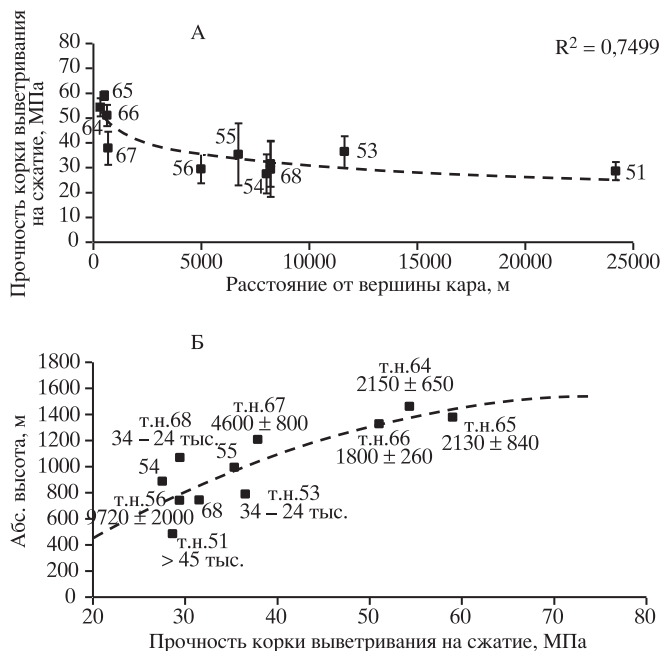


Рис. 5. Связь прочности выветрелой корки ледниковых валунов с их расстоянием от области питания (А) и абсолютной высотой (Б)
 На нижнем рисунке приведены соответствующие датировки голоценовых образований, выполненные по *Rhizocarpon sp.*, и датировки, экстраполированные из работы [9] (таблица)

селевых конусов. Поскольку все эти объекты образуют компактную группу, имеется вероятность их сейсмогенного происхождения, поскольку сам Мандычанский массив расположен в зоне регионального Чай-Юрьинского сейсмического линейамента с магнитудой 8.

Крупный отмерший присклоновый каменный глетчер расположен в правом борту р. Левады. Высота его поверхности в районе площадки 56 составляет 1070.3 м. Он относится к полилопастному типу, наложен на более ранний моренный вал, имеет максимальную ширину около 200 м и длину 1 км. Поверхность его сложена крупными глыбами преимущественно гранитного состава, имеет частично инверсионный бугристо-ямчатый микрорельеф с ориентировкой гряд и лопастей в сторону тальвега долины. Фронтальный откос каменного глетчера крутизной около 30° устойчив. На поверхностных обломках в покрове эпилитных лишайников, который достигает 80–90% и близок к климаксовой стадии, доминируют корковые и кустистые биоморфы, а колонии *Rhizocarpon sp.* имеют вторичное происхождение. В воронкообразных понижениях сформирован куртинный почвенно-растительный покров, представленный кедровым стлаником, кустарниковой березкой и мохово-лишайниковой синузией. По всей видимости, время формирования данного глетчера относится к дриасовому или предбореальному похолоданиям.

Лиخنотрические датировки фронтальных частей активных каменных глетчеров и льдистых морен в истоках р. Левада варьируют от 4.6 до 1.8 тыс. л. н. Позднеголоценовый возраст данных образований устанавливается также на основе морфометрических и геоморфологических характеристик – слабое развитие постгенетических образований, отсутствие почвенно-растительного покрова и др.

Возраст Мандычанского комплекса и особенности позднеледниковья юго-восточной части хр. Черского

Под позднеледниковьем мы понимаем временной этап от последнего ледникового максимума II морской изотопной стадии (МИС). В горных районах северо-востока Азии позднеледниковые комплексы имеют наибольшую степень сохранности, четко реконструируемые границы, компактный вид и размеры от первых километров (Приохотье) до 60–70 км (Ныгчеквеевский комплекс в Корякском нагорье) и более. Позднеледниковые комплексы состоят, как правило, из осцилляционных морен возрастом от 30 тыс. л. н. до позднеголоценовых, образующих регрессионный ряд. В крупных комплексах осцилляционные морены разделены водно-ледниковыми образованиями, в мелких – дифференциация менее отчетливая.

Мандычанский ледниковый комплекс состоит из не менее 8 стадийальных образований, включающих краевые валы, уступы ригелей и разновозрастные генерации каменных глетчеров. Они отражают неравномерное сокращение ледника в ходе дегляциации. Полученные данные по остаточной прочности экспонируемой поверхности ледниковых валунов в Мандычанском комплексе не позволяют провести четкое расчленение позднесартанских (дриасовых?) и раннеголоценовых фаз осцилляции, но разграничивают позднеледниковую (27–38 МПа) и неогляциальную части комплекса (51–59 МПа). В то же время установлена статистически достоверная зависимость остаточной прочности поверхностей ледниковой морфоскульптуры от расстояния от области питания и от абсолютной высоты морен.

Полученные прочностные характеристики самых поздних стадийальных морен исследованного комплекса, расположенных в карах на высоте более 1200 м, мало отличаются от самых ранних краевых, имеющих высоту 700–800 м и относящихся к раннему сартану. Это свидетельствует об их близком возрасте и, следовательно, быстрой дегляциации в конце сартанской эпохи. На быструю деградацию сартанских ледников указывает крайне незначительные мощности морен в верховьях долин и карах, широко распространение коренных участков ледникового ложа.

На основе геоморфологического сходства с близлежащими соседними ледниковыми районами возраст Мандычанского ледникового комплекса интерпретирован нами как сартанский [11]. Абсолютные отметки оз. Гагар (880 м) и особенности геоморфологического окружения позволяют сопоставить его с аналогичными ледниковыми озерами Джека Лондона (820 м), Эльгеня (1040 м), Соседнее (822 м), расположенными в хр. Анначаг в 60–80 км к СЗ и сформировавшимися внутри сартанских ледниковых комплексов. Пыльцевые колонки и датировки первых двух озер указывают, что осадконакопление началось не позднее 15 тыс. л. н., а в оз. Соседнее – 22 тыс. л. н. [9]. Таким образом, имеющиеся геоморфологические данные, результаты оценки прочности ледниковых валунов и сопоставление с датировками ледниковых озер указывают на относительную кратковременность последнего позднеледникового оледенения в регионе, достигнутого максимума между 30 и 25 тыс. л. н. и значительно сократившемуся уже к 20 тыс. л. н. Последний эпизод ледниковой активности произошел в голоцене и связан с неогляциальной эпохой 4.5–2 тыс. л. н.

Полученные результаты и методический опыт использования склерометра пока еще не позволяют рекомендовать его в качестве альтернативного метода датирования, но показывают перспективность его развития для решения различных геолого-геоморфологических задач. Наиболее важным аспектом применения метода, на наш взгляд, является возможность получения новых количественных данных о физических свойствах меняющейся во времени геоморфологической поверхности. Для повышения его надежности и разрешения, необходимы дальнейшие исследования в следующих направлениях: 1) анализ изменения прочностных характеристик экспонируемых морфоскульптурных поверхностей различного возраста и на разных литолого-петрографических типах пород; 2) проведение теста прочности на разновозрастных морфоскульптурах, датированных альтернативными методами, и построение калибровочных

кривых; 3) обработка статистических приемов расчета прочности на основе данных склерометра, оценка главных источников инструментальных и внешних ошибок, оценка влияния геолого-геоморфологических и климатических факторов.²

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Goudie A.S.* The Schmidt Hammer in geomorphological research // *Progress in Physical Geography*. 2006. № 30. P. 703–718.
2. *Matthews J.A., Shakesby R.A.* The status of the “Little Ice Age” in southern Norway: relative age dating of Neoglacial moraines with Schmidt Hammer and lichenometry // *Boreas*. 1984. № 13.
3. *Shakesby R.A., Matthews J.A., Winkler S.* Glacier variations in Breheimen, southern Norway: relative-age dating of Holocene moraine complexes at six high-altitude glaciers // *The Holocene*. 2004. V. 14. № 6. P. 899–910.
4. *Winkler S.* The “Little Ice Age” maximum in the Southern Alps, New Zealand: preliminary results at Mueller Glacier // *The Holocene*. 2000. V. 10. № 5. P. 643–647.
5. *Winkler S.* The Schmidt hammer as a relative-age dating technique: potential and limitations of its application on Holocene moraines in Mt Cook National Park, Southern Alps, New Zealand // *New Zealand Journal of Geology & Geophysics*. 2005. V. 48. P. 105–116.
6. *Shakesby R.A., Matthews J.A., Owen G.* The Schmidt hammer as a relative-age dating tool and its potential for calibrated-age dating in Holocene glaciated environments // *Quaternary Science Reviews*. 2006. V. 25. Issues 21–22. P. 2846–2867.
7. *Галанин А.А.* Комплексные каменные глетчеры – особый тип горного оледенения северо-востока Азии // *Вестн. ДВО РАН*. 2005. № 5. С. 59–70.
8. *Галанин А.А., Глушкова О.Ю.* Каменные глетчеры северо-востока Азии // *МГИ*. 2005. Т. 98. С. 30–43.
9. Позднечетвертичные растительность и климаты Сибири и Российского Дальнего Востока (палинологическая и радиоуглеродная база данных) / П.М. Андерсон, А.В. Ложкин. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2002. 369 с.
10. *Галанин А.А.* Лихенометрия: современное состояние и направления развития метода. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2002. 74 с.
11. *Галанин А.А., Глушкова О.Ю.* Оледенения, климат и растительность района Тауйской губы (Северное Приохотье) в позднечетвертичное время // *Геоморфология*. 2006. № 2. С. 50–61.

СВКНИИ ДВО РАН, Магадан

Поступила в редакцию
25.11.2008

DATING OF THE MANDYCHANSKY LATE GLACIAL COMPLEX IN THE CHERSKY RIDGE BY USE OF THE SCLEROMETER “ONICS 2.6.2”

A.A. GALANIN, A.Ju. PAKHOMOV

Summary

Mandychansky moraine complex in the SE part of Chersky ridge consists of 8–10 moraine series of different age. Their feet lie between 600 and 1400 m abs. height. Lichenometric and Schmidt Hammer tests were carried out on the boulders of the moraine hills' crests from the foot to the top of the complex. Authors found statistically significant differences between the hardness of the Late Pleistocene moraine boulders (27–38 Mpa) and the Holocene ones (51–59 Mpa). Active rock glaciers in the head of the complex have neoglacial age (4.5–2 Ma) according to lichenometric assessments.

² Авторы выражают признательность д.г.-м.н. Н.Е. Савве за помощь в определении шлифов горных пород Мандычанского гранитоидного массива.